



**MAGANG INDUSTRI - VM 191667**

**ANALISA PENYEBAB KERUSAKAN PADA  
HIGH PRESSURE HEATER (HPH) 2 DI  
*WORKSHOP PERALATAN INDUSTRI BERAT  
(PIB)*  
PT. BARATA INDONESIA (Persero)**

**WIDI ABDUL KODIR DANU KUSUMA  
NRP.10211710013047**

**Dosen Pembimbing  
Dedy Zulhidayat N, ST, MT, Ph.D  
Mochammad Taufiq Iqchsan , S.T**

**Program Studi S1 Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi  
Departemen Teknik Mesin Industri  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2020**

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



**MAGANG INDUSTRI - VM 191667**

**ANALISA PENYEBAB KERUSAKAN PADA HIGH  
PRESSURE HEATER (HPH) 2 DI WORKSHOP  
PERALATAN INDUSTRI BERAT (PIB)  
PT. BARATA INDONESIA (Persero)**

WIDI ABDUL KODIR DANU KUSUMA  
NRP. 10211710013047

Dosen Pembimbing  
Dedy Zulhidayat N, ST, MT, Ph.D  
Mochammad Taufiq Iqchsana, S.T

**Program Studi S1 Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi  
Departemen Teknik Mesin Industri  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2020**

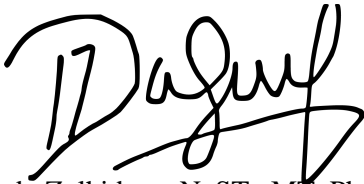
*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **LEMBAR PENGESAHAN II**

Laporan ini disusun dengan judul  
**Anallisa Penyebab Kerusakan Pada High Pressure Heater 2 di**  
***WORKSHOP PERALATAN INDUSTRI BERAT***  
**PT. BARATA INDONESIA (Persero)**

**Telah disetujui dan disahkan** pada presentasi Laporan Magang Industri  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
**Pada tanggal 1 Februari 2021**

Dosen Pembimbing

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Dedy Zulhidayat N.', with a stylized, flowing script.

Dedy Zulhidayat N, ST., MT, Ph.D

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

**ANALISA PENYEBAB KERUSAKAN PADA HIGH PRESSURE  
HEATER (HPH) 2  
DI WORKSHOP PERALATAN INDUSTRI BERAT  
PT. BARATA INDONESIA (Persero)**

**Nama** : Widi Abdul Kodir Danu Kusuma  
**NRP** : 10211710013047  
**Departemen** : Teknik Mesin Industri  
**Dosen Pembimbing** : Dedy Zulhidayat N, ST., MT, Ph.D  
**Mentor Magang** : Mochammad Taufiq Iqchsan , S.T

**Abstrak**

*Dunia bisnis dan industri saat ini sudah memasuki suatu kondisi yang baru yaitu Revolusi Industri 4.0. Revolusi tersebut membawa perubahan teknologi dan percepatan informasi yang mempengaruhi aspek-aspek dalam proses produksi di perusahaan. Dengan adanya peranan perguruan tinggi, sebagai badan research and development diharapkan mampu menjawab tantangan dalam perubahan tersebut. Di sinilah link and match pola kemitraan yang perlu dibangun untuk meningkatkan mutu dan produktivitas pada sektor industri. Maka dari itu dilakukanlah magang untuk menjembatani antara perguruan tinggi dan pihak perindustrian. Kali ini dilakukan analisa terhadap penyebab kerusakan pada Heat Exchanger sehingga harus dilakukan proses perbaikan pada "Heat Exchanger HPH2" mulai dari kesesuaian proses perbaikan dengan desain dari Divisi Engineering hingga proses packaging. Sehingga dapat diketahui penyebab kerusakan pada HPH 2. Hasil yang didapatkan selama Analisa pada HPH 2 terjadi kerusakan pada shell and tube yang disebabkan terjadinya fouling pada tube sehingga menyebabkan korosi yang mengakibatkan kebocoran pada tube sehingga mengakibatkan penurunan performa pada HPH 2, dengan adanya hal tersebut sehingga harus dilakukan proses retubing untuk memperbaiki dan meningkatkan kembali performa pada HPH 2.*

**Kata Kunci:** Heat Exchanger, proses produksi.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa berkat rahmat dan karunia-Nya Magang selama 6 bulan di PT. Barata Indonesia dapat terlaksanakan dengan baik dan penyusunan laporan magang dapat selesai tepat pada waktunya.

Tujuan dari penyusunan Laporan Magang adalah salah satu syarat akademis yang wajib dipenuhi dalam kuliah program studi Teknik Mesin Industri FV-ITS. Selain itu, tujuan dari melakukan Magang adalah untuk memperkenalkan dunia kerja kepada mahasiswa sebelum lulus dari program studi Teknik Mesin Industri.

Terselesaikannya Laporan Magang tidak luput dari bantuan, motivasi serta partisipasi dari semua pihak, untuk itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih sebesar-besarnya kasih kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa yang selalu menjadi sumber perlindungan dan kekuatan bagi penyusun dalam melaksanakan kerja praktik dan penyusunan laporan.
2. Ibu Dilla Manajer Engineering Workshop PIB yang banyak membantu selama pelaksanaan kerja praktik.
3. Bapak Dony selaku Manajer Human Capital yang membantu pengurusan Magang penulis sehingga dapat ditempatkan pada Divisi Production and Planning Control PT. Barata Indonesia (Persero).
4. Bapak Taufik S.T selaku pembimbing yang telah membantu dan mendampingi selama magang.
5. Dedy Zulhidayat N, ST., MT, Ph.D selaku dosen pembimbing Magang atas bimbingannya selama pelaksanaan dan penyusunan Laporan Magang.
6. Orang tua, dan teman-teman PMMB sekalian yang selalu mendukung serta memberikan doa selama pelaksanaan magang dan penyusunan laporan.

7. Seluruh karyawan PT. Barata Indonesia (Persero) khususnya Divisi *Engineering* Workshop Peralatan Industri Berat atas kekeluargaan yang terjalin dan senantiasa membantu selama magang.

Penulis menyadari penyusunan laporan ini masih jauh dari kesempurnaan. Untuk itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca. Penulis mengharapkan laporan ini dapat berguna bagi penulis dan semua pihak yang terkait.

Surabaya, 31 Agustus 2020  
Penulis

Widi Abdul Kodir Danu Kusuma

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>Abstrak .....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan dan Manfaat .....	2
1.3 Asumsi dan Batasan Masalah.....	3
1.4 Tempat dan Waktu Pelaksanaan .....	3
<b>BAB II PROFIL UMUM PERUSAHAAN</b>	
2.1 Sejarah Perusahaan.....	4
2.2 Visi dan Misi Perusahaan .....	6
2.3 Produk dan Jasa .....	6
2.4 Struktur Organisasi.....	8
2.5 Sistem Produksi.....	9
<b>BAB III TINJAUAN PUSTAKA</b>	
3.1 Feedwater Heater.....	14
3.1.1 Close Feedwater Heater .....	15
3.1.2 Konstruksi High Pressure Heater .....	18
3.2 <i>Analisis Thermodynamika</i> .....	22
3.3 Analisis Perpindahan Panas .....	23
3.3.1 Zona Desuperheating dan Subcooling .....	24
3.3.2 Zona Comdensing .....	25
3.3.2.1 Zona Desuperheating dan Subcooling .....	26
3.3.2.2 Zona Condensing .....	30
3.3.3 Analisis Perpindahan Panas Internal Pada Sisi Tube .....	32
3.3.4 Analisis Presssure Drop .....	34
3.3.5 Analisis Perpindahan Panas Menggunakan	

Metode NTU .....	37
<b>BAB IV METODOLOGI PENELITIAN</b>	
4.1 Diagram Alir Penelitian .....	39
4.2 Metode Penelitian.....	40
<b>BAB V PEMBAHASAN</b>	
5.1 Deskripsi Kegiatan Program Magang .....	43
5.1.1 <i>Flow</i> Proses Produksi di Workshop <i>PIB</i> PT. Barata Indonesia .....	43
5.2 Perbaikan High Pressure Heater 2 .....	49
5.2.1 High Pressure Heater .....	49
5.2.2 Bagian - bagian High Pressure Heater .....	50
5.2.3 Zona Yang Terdapat Pada Hihg Pressure Heating .....	51
5.2.4 Kinerja Hihg Pressure Heater .....	52
5.2.5 Hasil dan Analisis .....	56
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
6.1 Kesimpulan .....	61
6.2 Rekomendasi.....	61
6.3 Rekomendasi Proses Produksi .....	62
<b>BAB VII PENUTUP.....</b>	<b>63</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>65</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>66</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	Struktur organisasi PT. Barata Indonesia .....	8
<b>Gambar 3.1</b>	Open Feedwater Heater .....	14
<b>Gambar 3.2</b>	Close Feedwater Heater .....	15
<b>Gambar 3.3</b>	Bentuk <i>Standart Macam – Macam Shell</i> ....	16
<b>Gambar 3.4</b>	<i>Tube Layout Angeles</i> .....	17
<b>Gambar 3.5</b>	LPH .....	17
<b>Gambar 3.6</b>	High Pressure Heater .....	18
<b>Gambar 3.7</b>	Konstruksi HPH .....	18
<b>Gambar 3.8</b>	Macam – macam Plate Baffle .....	20
<b>Gambar 3.9</b>	Macam – macam Rod Baffle.....	21
<b>Gambar 3.10</b>	a.) Sistem Kerja Tertutup. b.) Sistem Kerja Terbuka.....	22
<b>Gambar 3.11</b>	Kesetimbangan Energi Pada Suatu Kontrol Volume .....	23
<b>Gambar 3.12</b>	Faktor Kreksi LMTD untuk Shall and Tube .....	25
<b>Gambar 3.13</b>	Aliran Fluida Melintasi Tube a.) Aligned. b.) Straggered .....	26
<b>Gambar 3.14</b>	Skema Tube Bank Cross Flow .....	27
<b>Gambar 3.15</b>	Tube Arenggements .....	27
<b>Gambar 3.16</b>	konstanta persamaan untuk melewati tube benlar .....	29
<b>Gambar 3.17</b>	Film Condensation .....	31
<b>Gambar 3.18</b>	Pembentukan Boundary Layer Pada Circular Tube.....	33
<b>Gambar 3.19</b>	Grafik Faktor Gesek f Dan Faktor Koreksi x Untuk Susunan Tube Bundle Straggered ...	35
<b>Gambar 4.1</b>	Diagram alir penelitian.....	39
<b>Gambar 5.1</b>	Diagram Alir Flow Process Chart .....	47
<b>Gambar 5.2</b>	<i>Hihg Pressure Heater</i> .....	49
<b>Gambar 5.3</b>	<i>Konstruksi HPH</i> .....	49
<b>Gambar 5.4</b>	<i>Zona Hihg Pressure Heater</i> .....	51

<b>Gambar 5.5</b>	<i>Heat Balance Diagram</i> .....	51
<b>Gambar 5.6</b>	Grafik TTD HPH 2 .....	56
<b>Gambar 5.7</b>	Grafik Nilai DCA Hihg Pressure Heater.....	57
<b>Gambar 5.8</b>	Grafik Nilai LMTD HPH 2 .....	58

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1	Struktur Orgsnisasi PT. Barata Indonesia.....	8
Tabel 5.1	Data Spesifikasi HPH 2 .....	53
Tabel 5.2	Hari Perhigtunan Performa HPH 2 Unit 2 untuk jasa Pembangit Raw.....	55

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Dunia bisnis dan industri saat ini sudah memasuki suatu kondisi yang baru yaitu Revolusi Industri 4.0 dimana revolusi tersebut merupakan transformasi komprehensif dari keseluruhan aspek produksi di industri. Perubahan teknologi dan percepatan informasi telah mempengaruhi aspek-aspek dalam proses produksi di perusahaan. Dengan adanya peranan perguruan tinggi, sebagai badan *research and development* diharapkan mampu menjawab tantangan dalam perubahan tersebut. Sehingga performa perusahaan sebagai partner akan meningkat. Di sinilah *link and match* pola kemitraan yang perlu dibangun untuk meningkatkan mutu SDM dan produktivitas pada sektor industri.

PMMB (Program Magang Mahasiswa Bersertifikat) merupakan salah satu perwujudan program Kementerian BUMN “BUMN Hadir untuk Negeri”. Program ini merupakan implementasi bagi pengelola dan praktisi Manajemen Human Capital di lingkungan BUMN untuk meningkatkan kompetensi anak bangsa melalui Program Pemagangan di BUMN agar terciptanya SDM unggul. Dengan dilaksanakannya program ini, membantu terjadinya *link and match* (keselarasan) antara kurikulum pendidikan PTN/S dengan kebutuhan kompetensi di BUMN. Dengan demikian mahasiswa akan mendapatkan pengalaman mengenai kegiatan atau sistem kerja pada dunia kerja, khususnya perusahaan BUMN. Selain itu, setiap mahasiswa diharapkan dapat melakukan observasi untuk memperoleh data dan informasi sehingga dapat dilakukan pengkajian pengetahuan tentang instansi terkait.

Dalam pelaksanaan program magang ini kami berkesempatan untuk melaksanakan program ini di PT. Barata Indonesia (Persero). PT. Barata Indonesia (Persero) ini merupakan salah satu Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang bergerak di bidang jasa Engineering, Procurement and Construction (EPC),

Manufaktur Peralatan Industri dan Pengecoran. Perusahaan tersebut menyediakan berbagai macam produk untuk memenuhi kebutuhan pelanggan secara berkelanjutan, yakni di bidang *food, energy, & water*. Dalam keberjalanannya saat ini terdapat sebuah pekerjaan berupa proses perbaikan High Pressure Heating yang mana HPH ini dahulu merupakan alat yang di buat di PT Barata Indonesia juga namun dalam perjalanan pemakaiannya di perusahaan pemesan terjadi sebuah kerusakan pada bagian shall dan tube yang mengakibatkan penurunan performa akibat kerusakan tersebut.

Maka dari itu penulis mencoba untuk melakukan Analisa pada salah satu produk yaitu *Heat Exchanger HPH2* untuk mengetahui penyebab kerusakan terhadap komponen tube dan shall sehingga kedepannya di harap mampu memberikan informasi kepada pihak pemesan dan juga pembuat agar dapat menentukan jenis matrial yang sesuai dan di harap dengan adanya itu dapat meningkatkan produktifitas terhadap proses produksi di *workshop PIB* mulai dari kesesuaian proses produksi dengan perencanaan dari Divisi *Engineering* hingga proses *packaging*. Sehingga dapat diketahui adanya kemungkinan hambatan yang terjadi saat proses perbaikan tersebut.

## 1.2 Tujuan dan Manfaat

Adapun tujuan dan manfaat dari analisa yang dilaksanakan pada produk *High pressure heater HPH2* adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui proses produksi di *workshop PIB* pada berbagai macam komponen, terutama pada komponen yang menjadi fokus pada laporan ini (*Heat Exchanger HPH2*).
2. Dapat mempercepat proses analisa masalah dan penentuan pemilihan material yang dapat digunakan pada komponen tersebut sehingga diharapkan dengan adanya data analisa tersebut dapat mempercepat proses perbaikan ataupun produksi Kembali sewaktu waktu jika mendapati sebuah permasalahan yang hampir sama.

3. Menambah kemampuan dalam mendesain shell and tube heat exchanger dengan analisis termodinamika dan perpindahan panas.
4. Dapat memberikan kontribusi perbaikan dari HPH 2

### 1.3 Asumsi dan Batasan Masalah

Adapun asumsi dan batasan masalah dari topik yang menjadi fokus pada magang yang dilaksanakan di PT. Barata Indonesia (Persero) adalah sebagai berikut

1. Analisa dilakukan hanya pada komponen Heat Exchanger dengan seri HPH2 yang *diorder* salah satu vendor kepada PT. Barata Indonesia (Persero).
2. Proses produksi dan spesifikasi sudah ditentukan oleh divisi *Engineering PIB*.
3. Observasi yang dilakukan hanya sampai pada tanggal 17 Maret 2020.

### 1.4 Tempat dan Waktu Pelaksanaan

Adapun tempat dan waktu pelaksanaan Program Magang Mahasiswa Bersertifikat (PMMB) adalah sebagai berikut :

Tempat : PT. Barata Indonesia (Persero)

Jl. Veteran No. 241 Gresik.

Waktu : 2 Maret 2020 – 31 Maret 2020.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB II**

### **PROFIL UMUM PERUSAHAAN**

#### **2.1 Sejarah Perusahaan**

PT. Barata Indonesia (Persero) merupakan perusahaan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang memiliki lini bisnis di bidang *foundry*/pengecoran, manufaktur, dan *Engineering Procurement and Construction* (EPC) berbasis manufaktur. PT. Barata Indonesia (Persero) mengalami beberapa tahapan transformasi sejak berdiri. Berawal dari cikal bakal Perseroan “NV BRAAT” pada tahun 1924 hingga saat ini telah terjadi perubahan–perubahan yang cukup signifikan namun masih memiliki benang merah bidang usaha yang menjadi unggulan bagi Perseroan. *Milestone* Transformasi PT. Barata Indonesia (Persero) dijelaskan sebagai berikut :

##### **a. Era 1901 – 1961**

- 1901 *NV Braat Machine Fabrick* berdiri dengan fokus penyedia fasilitas perawatan pabrik-pabrik gula di Jawa Timur. Tahun 1961 kemudian di nasionalisasi dan berubah nama PN Braat.
- 1920 *Machine Fabrick & Werf Molen Fliet* berdiri dengan fokus hampir sama yaitu penyedia jasa perlatan pabrik gula di luar Jawa Timur. Tahun 1961 juga dinasionalisasi dan berubah nama menjadi PN Sabang Merauke

##### **b. Era 1961 – 1971**

- Tiga Perusahaan Nasional PN Barata, PN Sabang Merauke dan PN Peprida dijadikan satu menjadi PT Barata Metalworks & Engineering. Lini usaha utama diperluas menjadi perawatan pabrik gula, produsen mesin pengolah hasil perkebunan, fabrikasi dan instalasi konstruksi baja, produsen mesin penggilas jalan, serta jasa instalasi proyek proyek industri dasar.

c. Era 1974 – 1976

- Pada tahun 1974 – 1976 dilengkapi dengan pabrik pengecoran besi dan baja di pabrik Gresik dan Jakarta serta mulai memasuki pembangunan peralatan pelabuhan, peralatan bandar udara dan pembangkit listrik.

d. Era 1987 – 1998

- Pada 1989 perseroan dikelola oleh Badan Pengelola Industri Strategis (BPIS) melalui Keppres no.40 tahun 1989.
- Pada 1998 Perseroan menjadi anak perusahaan PT. Bahana Pakarya Industri Strategis (Persero) dengan keputusan Meneg Pendayagunaan BUMN no. Kep.036/M-PUBMN/98 tanggal 7 Agustus 1998.

e. Era 2002

- Perseroan kembali dibawah pengelolaan Kementerian BUMN setelah PT. BPIS dilikuidasi, hingga saat ini.

f. Era 2005

- Perseroan melakukan relokasi Pabrik dari jalan Ngangel Surabaya ke lokasi Gresik karena tata kota Surabaya sudah tidak diperuntukkan untuk industri. Dari sisi Barata, tindakan tersebut merupakan gerakan efisiensi operasional guna mencapai keuntungan tertinggi.

g. Era 2016

- Diterimanya PMN 2016 sebesar Rp 500 Miliar yang secara finansial memperkuat posisi Perseroan dalam bisnis. Peningkatan kapasitas produksi pabrik *foundry*/pengecoran dan agro juga mendapatkan efek positif dari penerimaan PMN ini.

h. Era 2017

- Pengajuan perubahan logo Perseroan kepada Kementerian BUMN dan perubahan bidang usahayang mengacu pada FEW<sup>+</sup> untuk tujuan penguasaan pasar

Sumber Daya Air (*Water*), dan Divisi Industri Komponen & Permesinan (+).

i. Era 2018 – saat ini

- Perseroan melakukan perluasan usaha dengan menetapkan tingkat pertumbuhan tinggi diantaranya dengan menambah strategi akuisisi beberapa Perusahaan swasta atau bahkan Perusahaan non swasta bereputasi baik, memiliki prospek pasar khas/khusus dan masih bisa dikembangkan lebih lanjut dengan pertimbangan efisiensi waktu dan dana investasi. Pada tahun 2018, rencana akuisisi terwujud dengan dibelinya asset Pabrik Komponen Turbin milik Siemens di Cilegon. Hal ini memperkuat posisi Perseroan di bidang pembangkit tenaga listrik.

## 2.2 Visi dan Misi Perusahaan

Dalam menjalankan usahanya, PT. Barata Indonesia (Persero) memiliki visi dan misi, Visinya adalah “Menjadi perusahaan yang kuat, sehat dan berdaya saing berbasis inovasi dan teknologi dalam bidang *Food, Energy, dan Water* (FEW+)”. Misi dari perusahaan ini ada 6 poin, antara lain:

1. Memperkuat kompetensi manufaktur dan konstruksi berbasis *Enjinereng*.
2. Meningkatkan Tingkat Kandungan Dalam Negeri (TKDN) tinggi melalui kerjasama strategis.
3. Memperkuat bidang usaha pangan, energi, sumber daya air dan *material handling*.
4. Menyediakan solusi terintegrasi yang tepat guna berorientasi kepada peningkatan kepuasan pelanggan.
5. memproduksi mesin dan peralatan untuk industri hilir.
6. Meningkatkan ekspansi pasar lokal maupun internasional.

## 2.3 Produk dan Jasa

Perusahaan yang berdiri sejak tahun 1971 dan sekarang berpusat di Gresik, Jawa Timur ini memiliki kemampuan membuat komponen dan mesin di sektor migas, pabrik gula, perkeretaapian,

alat berat, industri semen, konstruksi baja, kelapa sawit, pembangkit listrik hingga peralatan kebandarudaraan.

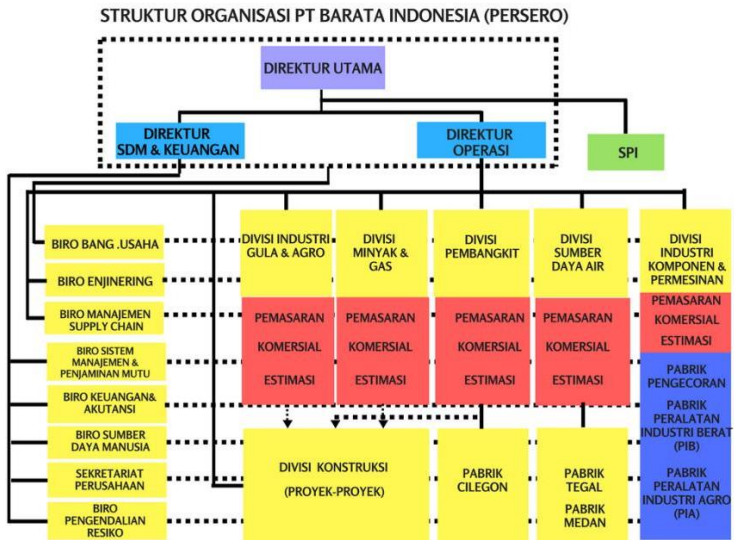
Sebagai perusahaan *foundry* (pengcoran) dan manufaktur terkemuka di Indonesia, PT. Barata Indonesia (Persero) memiliki dapur *foundry* dengan kapasitas besar yang mencapai 12.800 ton/tahun. Kapasitas tersebut akan direncanakan naik dua kali lipat untuk mengakomodir kebutuhan pasar yang terus meningkat. Produk-produk yang dihasilkan tidak hanya memasok pasar domestik namun juga ekspor produk ke Amerika. Dengan sertifikasi internasional yang dimiliki, PT. Barata Indonesia (Persero) memegang peranan penting dalam memproduksi komponen kereta api dan kapal, peralatan manufaktur semen, serta produk peralatan pabrik gula. PT. Barata Indonesia (Persero) juga memiliki kompetensi di bidang untuk materi spesifikasi yang berbeda seperti *cast iron*, *ductile iron*, *alloy cast iron*, *carbon steel*, *alloy steel*, dan *heat persistence steel*. Kompetensi tersebut membuat pabrik *foundry* PT. Barata Indonesia (Persero) menjadi yang terdepan dalam memproduksi produk tersebut.

Dengan kapasitas produksi yang mencapai 12.000 ton/tahun, PT. Barata Indonesia (Persero) mampu untuk menyuplai dan menyediakan komponen manufaktur industri ke seluruh Indonesia. Kekuatan suplai tersebut didukung oleh peralatan/mesin yang memadai dan spesifik dengan *quality assurance* yang bersertifikat dan juga lokasi *workshop* (pabrik) yang strategis untuk memberikan pelayanan maksimal kepada pelanggan di berbagai daerah.

*Engineering Procurement Construction* (EPC) merupakan salah satu lini bisnis terbaru yang ada pada PT. Barata Indonesia (Persero). Tantangan pasar membuat perusahaan mengembangkan bidang tersebut secara bertahap, baik dalam Industri Minyak dan Gas, Industri Agro, serta Industri Pembangkit Listrik. Berbagai jenis proyek-proyek ditangani sejauh ini, mencerminkan kepercayaan yang besar menjadi pembelajaran bagi PT. Barata Indonesia (Persero) untuk terus eksis dalam proyek-proyek EPC.



## 2.4 Struktur Organisasi



**Gambar 2.1** Struktur organisasi PT. Barata Indonesia (website resmi PT. Barata Indonesia).

Demi menciptakan komunikasi yang lebih efisien, fleksibel serta terintegrasi, manajemen PT. Barata Indonesia (Persero) memiliki kebijakan untuk terus menyempurnakan struktur organisasi sebagai salah satu strategi untuk mempertajam arah perusahaan dalam mencapai sasaran dan target yang telah dicanangkan. Struktur organisasi yang digunakan oleh PT. Barata Indonesia (Persero) ini menganut *Matrix and Integrated System*.

*Board of Directors* yang menjadi tampuk utama organisasi dibagi menjadi empat Direksi yakni Direktur Utama, Direktur Keuangan dan SDM, Direktur Operasi serta Direktur Pemasaran.

Empat Dewan Direksi tersebut didukung oleh dua kelompok besar yang terdiri dari *Profit center* serta *Supporting. Profit Center*

sebagai tulang punggung pencetak penjualan perusahaan dibagi menjadi lima divisi yakni, Divisi Industri Gula dan Agro, Divisi Minyak dan Gas, Divisi Pembangkit, Divisi Sumber Daya Air serta Divisi Industri Komponen dan Permesinan.

Tujuan dibentuknya lima divisi tersebut agar lebih terfokus pada pasar produk-produk utama sehingga perusahaan akan dikenal oleh pasar berdasarkan kompetensi produk. Fokus tersebut meliputi Bidang Gula dan Agro industri, Bidang Minyak dan Gas, Bidang Pembangkit, Bidang Industri Pengairan dan Bidang Industri Komponen dan Permesinan. Hal penting lainnya adalah dalam rangka menciptakan efektivitas maka pengelolaan cabang perusahaan, fungsinya akan diubah menjadi unit produksi murni.

Sementara untuk bagian *Supporting* yang fungsinya sebagai pendukung *Profit Center* terdiri dari Pengembangan Usaha, Biro Enjinering, Biro Manajemen Supply Chain, Biro Sistem Manajemen dan Penjaminan Mutu, Biro Keuangan dan Akutansi, Biro Sumber Daya Manusia, Sekretariat Perusahaan serta Biro Pengendalian Resiko.

Dua Kelompok Besar tersebut dikontrol langsung oleh Satuan Pengawas Intern (SPI) yang bersifat Independen dan melaporkannya langsung kepada Direktur Utama.

## 2.5 Sistem Produksi

Proses produksi di PT. BARATA INDONESIA (Persero) dibagi menjadi 3 bidang usaha yaitu :

- 1) *Engineering procurement & construction (EPC).*
  - Tanki = *Ball tank, floating roff tank, slury tank, storage tank.*
  - Industri gula dan minyak kelapa sawit = *Sugar plant, CPO plant.*
  - Peralatan bandara = *Tankage, pipeline, instrument.*
- 2) Manufaktur Peralatan Industri.
  - Minyak dan gas = *Heat exchangers, pressure vessel, boilers, HRSG, condenser, pipe.*

- Pabrik gula dan minyak kelapa sawit = *mill tandem, roll mill, sterilizer, loading ramp/cage boige.*
- *Hydro mechanical = water gates, trash rack, penstocks, hydro turbines.*
- Peralatan pembuatan jalan = *road rollers, asphalt sprayer, stamper, stone crusher.*
- Konstruksi baja = *railway steel brigde, road steel bridge.*
- *Heavy machining = gear making, heavy machining.*
- Industri semen = *kin shell, mill body, classifier, preheater.*

### 3) Pengecoran (*Foundry*).

- Peralatan perkereta apian = *bogie, automatic coupler, knuckle, axle bor*
- Industri semen = *liners, hammer mills, grate plates, wobblers, nose ring, gri.*
- Industri pertambangan = *dredge buckets, bucketh teeth, jaw crushers, communiton parts, slurry pumps.*
- Industri gula = *mill roll, mill check, pinion gear, scrapper, spuur gear, sliding.*
- Industri kimia = *distributor pipes, impeller, pump casing, paper factory and component.*
- Industri perkapalan = *rudder horn, rudder frame, anchor, bollands.*

Dari ke-3 bidang usaha tersebut di PT. BARATA INDONESIA (Persero), dibagi menjadi 4 *workshop* diantaranya :

#### 1) **Workshop 1**

*Workshop 1* merupakan salah satu plant yang terdapat di PT. BARATA INDONESIA (Persero) , pada Divisi plant 1 pengerjaan yang dilakukan berfokus pada pengecoran logam (*foundry*). Sistem kerja yang dijalankan di divisi ini adalah *project based* dengan kerjasama dengan berbagai tender untuk menjalankan fungsi

penerimaan *order*. Fungsi bisnis yang terdapat di divisi ini meliputi departemen *engineering*, departemen *production planning and control*, departemen produksi, departemen *maintenance* dan departemen *quality control*.

## 2) *Workshop 2*

Divisi Pabrik Peralatan Industri Berat (PIB) merupakan salah satu divisi yang terdapat di PT Barata Indonesia (Persero) yang berfokus pada pengerjaan proyek dengan salah satu produk utama yang dikerjakan adalah Peralatan-peralatan bandara dan peralatan perkereta apian . Sistem kerja yang dijalankan di divisi ini adalah *project based* dengan kerjasama dengan berbagai tender untuk menjalankan fungsi penerimaan *order*. Fungsi bisnis yang terdapat di divisi ini meliputi departemen *engineering*, departemen *production planning and control*, departemen produksi, departemen *maintenance* dan departemen *quality control*.

## 3) *Workshop 3*

Divisi pada workshop 3 merupakan salah satu divisi yang terdapat di PT Barata Indonesia (Persero) yang berfokus pada pengerjaan proyek dengan salah satu produk utama yang dikerjakan adalah proses *assembly*. Sistem kerja yang dijalankan di divisi ini adalah *project based* dengan kerjasama dengan berbagai tender untuk menjalankan fungsi penerimaan *order*. Fungsi bisnis yang terdapat di divisi ini meliputi departemen *engineering*, departemen *production planning and control*, departemen produksi, departemen *maintenance* dan departemen *quality control*.

## 4) *Workshop 4*

Divisi Pabrik Peralatan Industri Agro (PIA) merupakan salah satu divisi yang terdapat di PT Barata Indonesia (Persero) yang berfokus pada pengerjaan proyek dengan salah satu produk utama yang dikerjakan adalah Peralatan-peralatan pabrik gula & kelapa sawit. Sistem kerja yang dijalankan di divisi ini adalah *project based* dengan kerjasama dengan berbagai tender untuk menjalankan fungsi penerimaan *order*. Fungsi bisnis yang terdapat di divisi ini meliputi departemen *engineering*, departemen

*production planning and control*, departemen produksi, departemen *maintenance* dan departemen *quality control*.

Berikut penjelasan dari departemen- departemen yang ada di PT. BARATA INDONESIA (Persero) :

1) *Engineering*.

*Engineering* di PT. BARATA INDONESIA (Persero) bertugas sebagai pembuat sistem, menganalisis sistem, dan melakukan optimasi terhadap kerja sistem sebagai contoh *designer*. *Engineering* dapat mengoptimalisasikan melalui gambar kerja dan membuat *program - program* seperti *CNC*, jadi proses produksi dapat ditingkatkan. Adapun *Program / software* yang umum digunakan di perusahaan ini sebagai *designer* menggunakan *auto cad*.

2) Departemen *production planning and contro*

Departemen *production planning and control (ppc)* merupakan salah satu bagian penting dalam perusahaan. Dimana *ppc* ini berfungsi untuk merencanakan dan mengendalikan rangkaian produksi agar berjalan sesuai dengan rencana yang sudah ditetapkan tanpa harus mengendalikan *inventory* perusahaan.

3) Departemen produksi.

Pada umumnya perusahaan manufaktur memiliki 2 jenis departemen, yaitu departemen produksi dan departemen pembantu, ke dua departemen ini saling berhubungan. Departemen produksi adalah suatu depaertemen yang mengolah salah suatu produk dengan mengubah bentuk atau sifat suatu bahan atau merakit suku cadang menjadi produk selesai. Sedangkan departemen pembantu adalah suatu departemen yang menghasilkan jasa dimana jasa tersebut diperlukan oleh departemen produksi untuk memperlancar proses produksi.

---

#### 4) Departemen *maintenance*.

Departemen *maintenance* berfungsi sebagai pemelihara alat-alat maupun komponen yang ada di dalam perusahaan. Departemen *maintenance* sangat penting dalam industri manufaktur dan *construction* dikarenakan hampir seluruh proses produksi dilakukan oleh mesin. Untuk peningkatan proses produksi alat-alat perusahaan harus sering di *maintenance* untuk menjaga proses produktivitas dan menghindari *trouble* mesin maupun kecelakaan kerja.

#### 5) Departemen *quality control*

Departemen *quality control* berfungsi untuk menjaga mutu dari suatu produk yang dihasilkan dan menjaga kebijakan mutu perusahaan.

---

### **BAB III**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

---

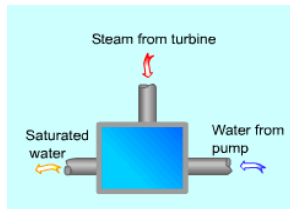
#### **3.1 Feedwater Heater**

*Feedwater heater* merupakan suatu peralatan yang digunakan pada siklus pembangkit uap *regenerative*. Dengan adanya *feedwater heater* ini, diharapkan ada dua hal yang bisa diraih, yaitu yang pertama untuk meningkatkan temperatur dari *feedwater* yang mana akan meningkatkan efisiensi keseluruhan. Kedua, yaitu untuk meminimalkan efek termal pada *boiler*. Prinsip kerja dari *feedwater heater* yaitu dengan memanaskan lagi air keluaran kondensor dengan menggunakan ceratan uap dari turbin dan pada instalasi tertentu ditambahkan juga drain dari *feedwater heater* lainnya. Umumnya, *feedwater heater* menggunakan gabungan beberapa pemanas dengan tekanan tertentu sesuai dengan tekanan yang dicerat dari turbin. Jumlah dan tipe dari *feedwater heater* sangat tergantung dari siklus uapnya, tekanan operasi dari siklusnya, dan segi ekonomi dari *plant*, misal biaya operasi yang lebih rendah dapat mengimbangi pengeluaran biaya modal tambahan.

Ada 2 tipe dari *feedwater heater*, diantaranya:

1. *Open Feedwater Heater*

Pada *open feedwater heater*, uap hasil *extraction* dan *feedwater* bercampur, sehingga mempunyai temperatur yang sama.

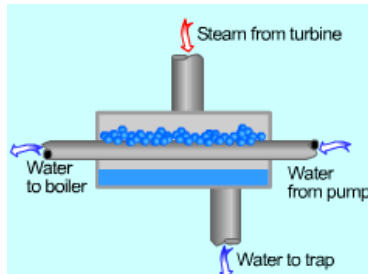


**Gambar 3.1 Open Feedwater Heater**

(Sumber: "<http://www.hkdivedi.com/2016/11/difference-between-open-feedwater.html>")

## 2. *Closed Feedwater Heater*

*Closed feedwater heater* adalah alat penukar kalor jenis *shell and tube* dimana aliran *feedwater* mengalir di sisi *tube* sedangkan uap hasil *extraction* turbin berkondensasi di sisi *shell*.



Gambar 3.2 *Closed Feedwater Heater*

(Sumber: "<http://www.hkdivedi.com/2016/11/difference-between-open-feedwater.html>")

### 3.1.1 *Closed Feedwater Heater*

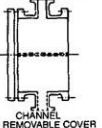
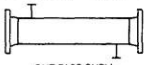

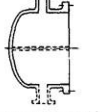
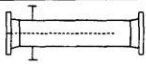
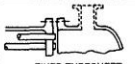
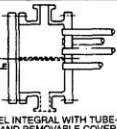
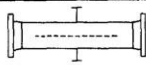
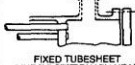
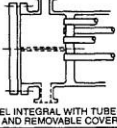
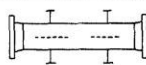
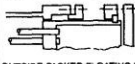

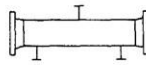

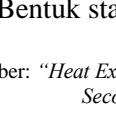
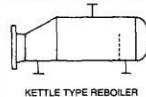
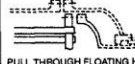
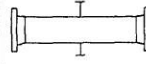
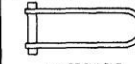
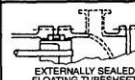
*Shell and tube heat exchanger* merupakan salah satu tipe *heat exchanger* yang digunakan pada *closed feedwater heater*. Tipe *shell and tube* sering digunakan pada air conditioning dan sistem refrigerasi. *Shell and tube heat exchanger* terdiri dari kumpulan *tube* melengkung yang terpasang pada *cylindrical shell* dengan posisi *tube* yang parallel pada shellnya. Fluida pertama mengalir di dalam *tube* sementara fluida yang lain mengalir di sepanjang arah aliran di luar *tube*. Komponen utama pada *shell and tube heat exchanger* ini adalah *tube (tube bundle)*, *shell*, bagian depan, bagian belakang, *baffle*, dan *tube sheet*.

Dalam mendisain sebuah *heat exchanger* jenis *shell-and-tube*, banyak terdapat bermacam-macam desain konstruksi internalnya. Hal ini berkenaan dengan besaran perpindahan kalor yang diinginkan, *pressure drop* yang diperbolehkan, dan metode yang digunakan untuk mengurangi *thermal stress*, untuk mencegah kebocoran, untuk kemudahan dalam pembersihan, untuk mencapai tekanan dan temperatur operasi, untuk



mengontrol korosi, untuk mengakomodasi aliran yang sangat asimetri, dan lain-lain.

Berbagai bentuk dari *shell*, bagian depan dan belakang *heat exchanger* sudah diatur oleh TEMA (*Tubular Exchanger Manufacturers Association*). Penggolongan ini ditampilkan dalam tabel berikut:

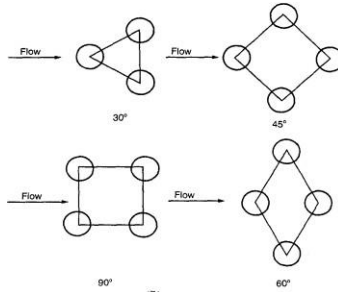
FRONT END STATIONARY HEAD TYPES		SHELL TYPES		REAR END HEAD TYPES	
A		E	 ONE PASS SHELL	L	 FIXED TUBESHEET LIKE "A" STATIONARY HEAD
		F	 TWO PASS SHELL WITH LONGITUDINAL BAFFLE	M	 FIXED TUBESHEET LIKE "B" STATIONARY HEAD
C	 REMOVABLE TUBE BUNDLE ONLY	G	 SPLIT FLOW	N	 FIXED TUBESHEET LIKE "N" STATIONARY HEAD
N		H	 DOUBLE SPLIT FLOW	P	 OUTSIDE PACKED FLOATING HEAD
		J	 DIVIDED FLOW	S	 FLOATING HEAD WITH BACKING DEVICE
D		K	 KETTLE TYPE REBOILER	T	 PULL THROUGH FLOATING HEAD
		X	 CROSS FLOW	U	 U-TUBE BUNDLE
				W	 EXTERNALLY SEALED FLOATING TUBESHEET

Gambar 3.3 Bentuk standar macam-macam *shell* tampak atas dan belakang

(Sumber: "Heat Exchanger: Selection, Rating, and Thermal Design  
Second Edition, Sadik Kakac, 2002")

*Tube bundle* kebanyakan disusun dengan memiliki belokan (bend) yang berbentuk seperti huruf U. Jenis *tube* seperti ini tidak bisa dibersihkan dengan cara mekanik karena adanya

belokan yang sulit dijangkau. Terdapat pula karakteristik susunan *tube* yang digolongkan berdasarkan kemiringan sudut di antara *tube-tubenya*.



Gambar 3.4 *Tube Layout Angles*

(Sumber: “*Heat Exchanger: Selection, Rating, and Thermal Design*  
*Second Edition, Sadik Kakac, 2002*”)

Berdasarkan tekanannya, *closed feedwater heater* dibagi menjadi dua yaitu *Low Pressure Heater* (LPH) dan *High Pressure Heater* (HPH). Pada instalasi pembangkit daya, LPH terletak antara *condensate pump* dan *deaerator*. Sedangkan HPH terletak antara *boiler feed pump* dan *economizer*. LPH Adalah alat pemanas air pengisi sebelum menuju ke *deaerator*. Pemanas ini menggunakan uap bekas turbin dengan tekanan rendah. HPH merupakan alat pemanas air pengisi lanjut tekanan tinggi dengan menggunakan uap bekas turbin sebagai media pemanasnya sebelum masuk *economizer*.



Gambar 3.5 LPH

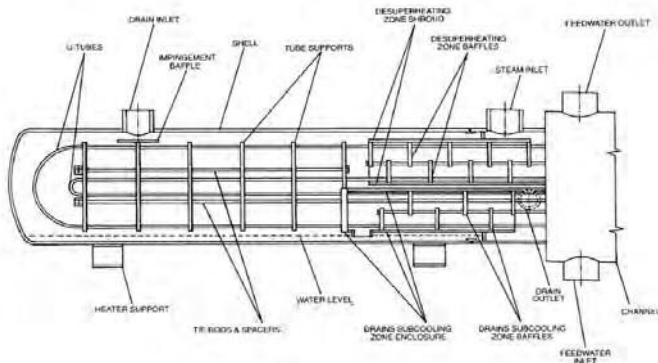
(Sumber: “*PT. PJB UP. Gresik*”)



Gambar 3.6 HPH 2  
(Sumber: "PT. PJB UP GRESIK")

### 3.1.2 Konstruksi *High Pressure Heater*

Secara umum, komponen utama *closed feedwater heater* adalah:



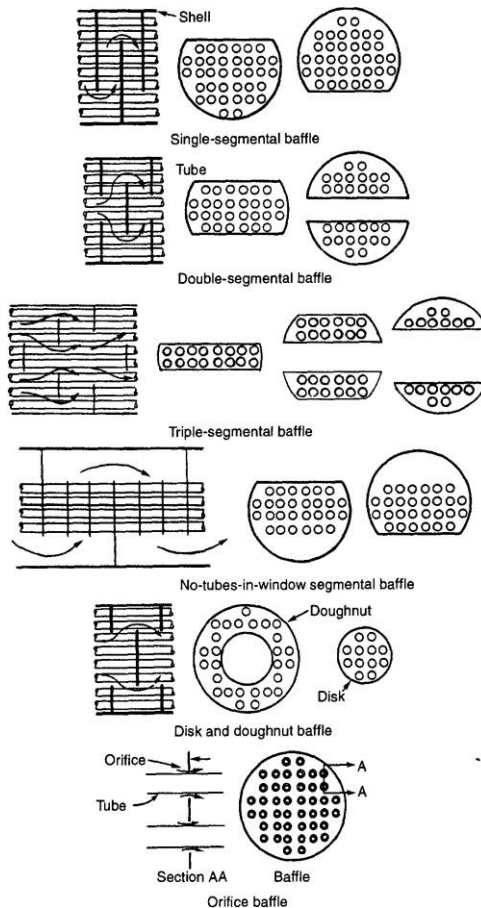
Gambar 3.7 Konstruksi *High Pressure Heater*  
(Sumber: "Standards for Closed Feedwater Heater, Heat Exchanger  
Institute, Inc, 2004")

1. *Shell*, cangkang / selongsong / silinder panjang yang melingkupi *tube* yang dibuat dari plat baja yang diroll dan dilas ada juga dapat terbuat dari plat baja campuran.

2. *U – Tubes*, tube yang dibengkokkan menyerupai bentuk huruf U, sebagai tempat *feedwater* mengalir masuk dan keluar melalui *channel*.
3. *Feedwater Nozzle*, saluran masuk dan keluar *feedwater* yang dihubungkan dengan *channel*.
4. *Inlet* dan *Outlet Nozzle*, saluran masuk dan keluar sisi *shell*.
5. *Channel*, saluran masuk dan keluarnya *feedwater*. *Channel* HPH dibuat dari baja yang ditempa, di mana tube sheet dan kepala plat *channel* terbuat dari baja karbon. *Channel* berbentuk setengah bola dan di dalamnya terdapat sekat-sekat untuk laluan *feedwater* di dalam *channel*.
6. *Heater Support*, penyangga *feedwater heater*.
7. *Impingement Plate*, piringan yang ada pada saluran uap masuk ataupun *drain* untuk melindungi tube dari aliran uap / *drain* yang masuk *heat exchanger*.
8. *Water Level* digunakan untuk mengetahui ketinggian air yang berada di sisi *shell*.
9. *Tubes Support*, penyangga tube dan melindungi tube dari gesekan satu sama lain.
10. *Tie Rods and Spacers*, alat ini berfungsi menopang tube bundle dan baffle supaya terikat dengan benar.
11. *Tubesheet*, pelat disk yang dibor sebagai tempat ujung-ujung U-tubes dipasang.
12. *Pass Partition*, sekat laluan/ plat yang memisahkan *feedwater inlet* dan *feedwater outlet*.
13. *Vent* untuk melepaskan *noncondensable gases* dari sisi *shell* dan tube pada saat *startup* dan operasi normal dari *heat exchanger*.
14. *Covering plate* digunakan untuk memisahkan zona *desuperheating* dan zona *drain cooling* dari zona *condensing*.
15. *Baffle*, berfungsi sebagai penyangga tube, menjaga jarak antar masing-masing tube, menjaga agar konstruksi tube berada pada kondisi rigid sehingga dapat menahan vibrasi yang ditimbulkan oleh tekanan dan suhu fluida. Disamping

itu juga sebagai pengatur arah aliran fluida pada *shell side* agar mendapatkan koefisien perpindahan panas yang besar. Ada 2 tipe *baffle*, yaitu *plate baffle* dan *rod baffle*.

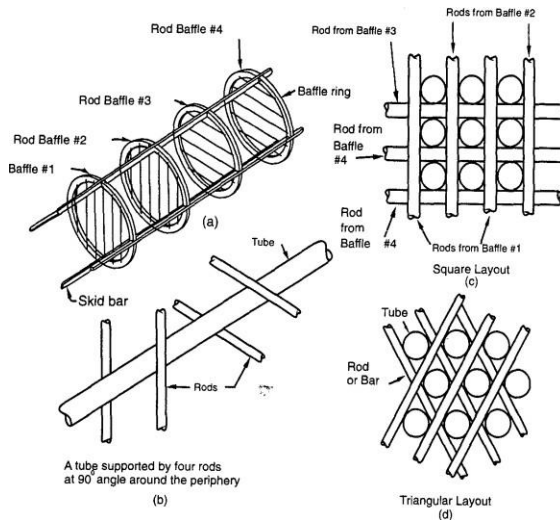
- *Plate Baffle*



Gambar 3.8 Macam-Macam *Plate Baffle*

(Sumber: "Heat Exchanger: Selection, Rating, and Thermal Design  
Second Edition, Sadik Kakac, 2002")

- *Rod Baffle*



Gambar 3.9 Macam-Macam *Rod Baffle*

(Sumber: "Heat Exchanger: Selection, Rating, and Thermal Design  
Second Edition, Sadik Kakac, 2002")

*High Pressure Heater* beroperasi pada tiga zona operasi.

Tiga zona tersebut yaitu :

- *Desuperheating zone (DSZ)*  
Merupakan daerah dalam sisi *shell* yang disekat-sekat oleh *baffle*. Uap yang masuk ke dalam *feedwater heater* adalah uap hasil ekstraksi turbin berupa uap panas lanjut. Pada zona ini terjadi penurunan temperatur uap panas lanjut sampai pada temperatur uap jenuhnya. Pada zona ini tidak terjadi perubahan fasa.
- *Condensing zone (CZ)*  
Merupakan daerah terbesar pada *feedwater heater*. Pada zona ini uap ekstraksi turbin dan *drain* dari HPH sebelumnya mengalami kondensasi sampai mencapai temperature cair jenuh dan melepaskan kalor laten. Pada

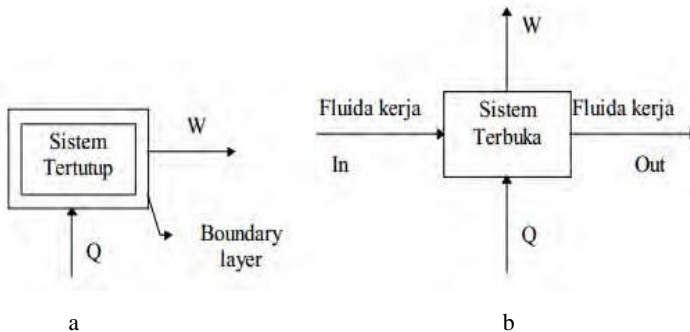
zona ini terjadi proses perubahan fasa dimana uap jenuh berubah menjadi cair jenuh.

- *Subcooling zone (SCZ)*

Merupakan daerah yang juga disekat-sekat oleh *baffle*. Pada zona ini terjadi penurunan temperatur sampai dibawah temperatur cair jenuh untuk mengurangi potensi kerusakan dan erosi pada pipa dan katup akibat *flashing*. Perubahan fasa tidak terjadi pada zona ini. Zona ini disebut juga zona *drain cooling*.

### 3.2 Analisis Termodinamika

Proses termodinamika di dalam siklus rankine merupakan gambaran dari proses konversi energi di dalam siklus kerja PLTU. Terdapat dua jenis sistem termodinamika, yaitu sistem tertutup dan sistem terbuka yang digambarkan sebagai berikut:

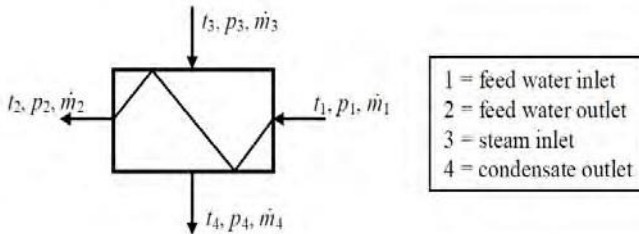


Gambar 3.10 a.) Sistem Kerja Tertutup b.) Sistem Kerja Terbuka  
Proses Konversi Energi

(Sumber: "Tugas Akhir Tara Puspita Sari")

Pada sistem tertutup, yang melintasi garis batas (*boundary layer*) hanyalah aliran kalor dan kerja saja dan tidak terdapat pertukaran massa dengan lingkungan, sedangkan pada sistem terbuka, memungkinkan massa dan energi mengalir masuk dan

keluar melintasi batas dari sistem. Dalam analisis termodinamika pada sistem tertutup digunakan volume atur (*control volume*). *Control volume* pada HPH dapat ditunjukkan pada gambar 2.11 di mana sisi *shell* mengalir fluida pemanas berupa *steam* ekstraksi turbin serta *drain steam* dari HPH *stage* sebelumnya dan pada sisi *tube* mengalir fluida yang akan dipanaskan berupa *feedwater* yang dipompakan oleh *boiler feed pump*.



Gambar 3.11 Kesetimbangan Energi pada Suatu *Control Volume*

(Sumber: "Thermodynamical Analysis Of High-Pressure Feed Water Heater In Steam Propulsion System During Exploitation")

Maka kesetimbangan energi untuk *control volume* di atas adalah:

$$Q_{out} = Q_{in} \dots\dots\dots (3.1)$$

$$Q_{hot} = Q_{cold} \dots\dots\dots (3.2)$$

$$\dot{m}_{hot} \cdot \Delta h = \dot{m}_{cold} \cdot C_{p,cold} \cdot \Delta T \dots\dots\dots (3.3)$$

Keterangan:

$Q$  = laju perpindahan panas (kJ/s)

$\dot{m}$  = laju alir massa (kg/s)

$h$  = entalphi (kJ/kg)

$C_p$  = mean spesific heat (kJ/kgK)

$T$  = temperatur (K)

### 3.3 Analisis Perpindahan Panas

Perpindahan panas dapat didefinisikan sebagai perpindahan energi panas (kalor) sebagai akibat adanya perbedaan temperatur. Panas berpindah dari tempat dengan temperatur yang lebih tinggi



menuju ke tempat dengan temperatur yang lebih rendah. Perpindahan panas dapat pula terjadi dalam bentuk pertukaran panas dengan sistem di luarnya. Penambahan atau pengurangan panas dapat merambat dan mempengaruhi bagian lain di luar sistem. Dengan kata lain, panas dapat berpindah dari manapun baik itu di dalam maupun di luar sistem selama terdapat perbedaan temperatur.

### 3.3.1 Analisis Perpindahan Panas dengan Metode Log Mean Temperatur Difference (LMTD)

Untuk melakukan perancangan dan menghitung performa sebuah heat exchanger maka diperlukan data tentang besarnya kapasitas fluida masuk dan keluar, koefisien perpindahan panas total, laju perpindahan panas, luas permukaan perpindahan panas, dan beberapa data tambahan.

Dengan menggunakan metode LMTD (*log mean temperature difference*) dapat diperoleh nilai laju perpindahan panas. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$q = UA\Delta T_{LMTD} \dots\dots\dots (2.4)$$

$$\Delta T_{LMTD} = \Delta T_{LMTD,CF} \times F \dots\dots\dots (2.5)$$

$$\Delta T_{LMTD,CF} = - \frac{(T_{h,i} - T_{c,o}) - (T_{h,o} - T_{c,i})}{\ln \left[ \frac{(T_{h,i} - T_{c,o})}{(T_{h,o} - T_{c,i})} \right]} \dots\dots\dots (2.6)$$

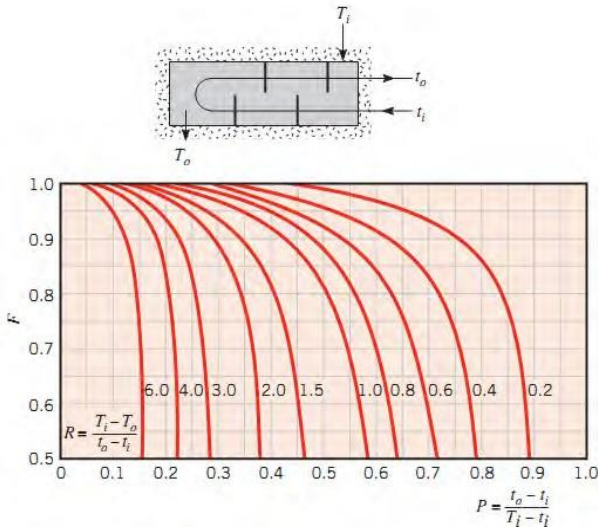
$$A = x d_o \times L \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan :

- q = laju perpindahan panas
- A = luas permukaan daerah perpindahan panas
- = *log mean temperature difference*
- = *log mean temperature difference cross flow*
- T<sub>h,i</sub> = temperatur masuk fluida panas
- T<sub>h,o</sub> = temperatur keluar fluida panas
- T<sub>c,i</sub> = temperatur masuk fluida dingin
- T<sub>c,o</sub> = temperature keluar fluida dingin

$d_o$  = diameter luar *tube*  
 $L$  = panjang *tube*  
 $F$  = faktor koreksi

Sedangkan nilai  $F$  merupakan nilai faktor koreksi terhadap  $\Delta T_{LM}$  akibat jumlah *tube passes* pada sisi *shell*.  $F$  merupakan fungsi dari temperatur kedua fluida. Dengan menghitung variabel  $P$  dan  $R$ , maka akan didapat nilai  $F$  dari grafik LMTD *correction factor*. *Properties* fluida dapat dicari dengan mengetahui temperatur fluida sehingga laju perpindahan panas dapat dihitung. Setelah didapatkan koefisien perpindahan panas,  $\Delta T_{LM}$  dan nilai  $F$ , luas permukaan yang dikenai panas dapat diperoleh.



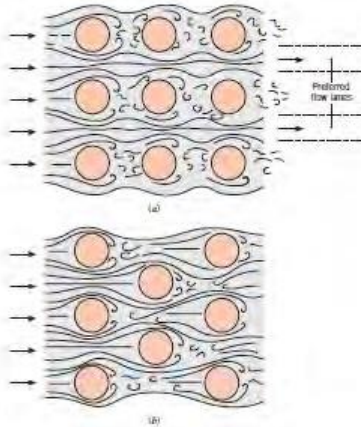
Gambar 3.12 Faktor Koreksi LMTD Untuk *Shell And Tube* dengan Satu *Shell* Dan Kelipatan 2 Lajuan *Tube*

Sumber: ("Fundamental of Heat and Mass Transfer Seventh Edition")

### 3.3.2 Analisis Perpindahan Panas Eksternal (Sisi Shell)

Proses perpindahan panas sisi *shell* pada masing-masing zona dianalisa berdasarkan analisa aliran fluida *external* melintasi

*tube banks*. Ada dua jenis susunan *tube*, yaitu *aligned* dan *staggered*.



Gambar 3.13 Aliran Fluida Melintasi Susunan *Tube* (a) *Aligned* dan (b) *Staggered*

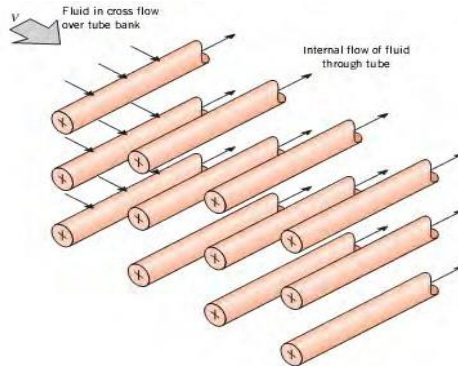
(Sumber: “*Fundamental of Heat and Mass Transfer Seventh Edition*”)

Untuk susunan *staggered*, nilai koefisien perpindahan panas konveksi bergantung pada turbulensi aliran. Tingkat turbulensi aliran dipengaruhi oleh susunan *tube banks* yang dilalui oleh fluida dan jumlah baris *tube*. *Tube* baris pertama akan bertindak sebagai *turbulent grid* sehingga aliran fluida akan bertumbukan dengan *tube* baris pertama sehingga akan menghasilkan aliran turbulen pada baris *tube* selanjutnya dan dapat meningkatkan koefisien perpindahan panas konveksi pada *tube* baris selanjutnya. Perpindahan panas pada fluida yang melintasi *tube bank* akan stabil (perubahan koefisien perpindahan panas yang terjadi kecil) setelah *tube* baris keempat atau kelima. Analisa perpindahan panas pada masing-masing zona adalah:

### 3.3.2.1 Zona *Desuperheating* dan *Subcooling*

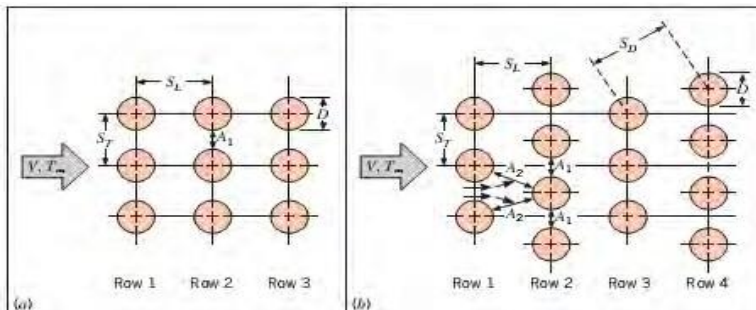
Pada zona *desuperheating* dan *draincooling* perhitungan dikhususkan dengan menggunakan keadaan *low-speed, forced convection*, dan tanpa perubahan fase pada fluida. Pada bagian ini

gerakan relatif antara fluida dan permukaan perpindahan panas dijaga oleh peralatan seperti fan dan pompa. Gerakan relatif fluida tidak dikarenakan oleh gaya *buoyancy* yang terjadi akibat gradien temperatur pada fluida.



Gambar 3.14 Skema *Tube Bank Cross Flow*  
(Sumber: "Fundamental of Heat and Mass Transfer Seventh Edition")

Jajaran dari *tube* pada jenis ini dapat tersusun secara *aligned* atau *staggered*. Konfigurasi dapat ditentukan dengan melihat diameter ( $D$ ), *transverse pitch* ( $S_T$ ), dan *longitudinal pitch* ( $S_L$ ) yang diukur dari titik pusat *tube*.



Gambar 3.15 *Tube Arrangements*. (a) *Aligned*. (b) *Staggered*.  
(Sumber: "Fundamental of Heat and Mass Transfer Seventh Edition")

Pada susunan *tube* pada gambar maka kecepatan maksimum fluida dapat terjadi pada luasan  $A_1$  maupun  $A_2$ . Untuk mengetahuinya, digunakan persamaan berikut untuk mengetahui kecepatan maksimum pada  $A_2$ ,

$$2(S_D - d_o) < (S_T - d_o) \dots\dots\dots (2.8)$$

Maka untuk menghitung  $V_{\max}$

$$V_{\max} = \frac{S_T}{2S_D - d_o} V_s \dots\dots\dots (2.9)$$

Bila syarat tersebut tidak terpenuhi, maka kecepatan maksimum terjadi pada luasan  $A_1$  dan  $V_{\max}$  dapat dihitung dengan persamaan:

$$V_{\max} = \frac{S_T}{S_T - d_o} V_s \dots\dots\dots (2.10)$$

Setelah didapatkan nilai  $V_{\max}$ , *Reynolds Number* dapat dicari dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Re_{D, \max} = \frac{\rho_{zona} - V_{\max} d_o}{\pi_{zona}} \dots\dots\dots (2.11)$$

Nilai  $Re$  ini digunakan untuk menghitung nilai *Nusselt Number* yang digunakan untuk menghitung nilai koefisien konveksi daerah *desuperheating*. Untuk fluida yang mengalir melintasi *tube bundle* yang tersusun 20 atau lebih baris digunakan persamaan berikut,

$$Nu_D = C \cdot Re_{D, \max}^m \cdot Pr^{0,36} \left( \frac{Pr}{Pr_s} \right)^{1/4} \dots\dots\dots (2.12)$$

Rumus di atas berlaku untuk,

$$\left[ \begin{array}{l} N_L \geq 20 \\ 1000 < Re_{D, \max} < 2 \times 10^6 \\ 0,7 < Pr < 500 \end{array} \right]$$

Dimana :

$h$  = koefisien perpindahan panas

= *Nusselt number*

$Re$  = *Reynold number*

$Pr$  = *Prandtl number*

$Pr_s$  = *Prandtl number* pada temperatur surface

$k$  = Konduktifitas termal

$D$  = Diameter tube

$N_L$  = Jumlah jajaran

Untuk koefisien  $C$  dan  $m$  didapatkan dari tabel 2.1, berikut tabel tersebut:

Tabel 3.16 Konstanta Persamaan untuk Aliran Melewati Tube Banks dengan Jumlah Baris  $\geq 20$

Configuration	$Re_{D,max}$	$C_L$	$m$
Aligned	$10-10^2$	0.80	0.40
Staggered	$10-10^2$	0.90	0.40
Aligned	$10^2-10^3$	Approximate as a single (isolated) cylinder	
Staggered	$10^2-10^3$		
Aligned	$10^3-2 \times 10^3$	0.27	0.63
$(S_T/S_L > 0.7)^*$			
Staggered	$10^3-2 \times 10^3$	$0.35(S_T/S_L)^{1/4}$	0.60
$(S_T/S_L < 2)$			
Staggered	$10^3-2 \times 10^3$	0.40	0.60
$(S_T/S_L > 2)$			
Aligned	$2 \times 10^3-2 \times 10^6$	0.021	0.84
Staggered	$2 \times 10^3-2 \times 10^6$	0.022	0.84

\*For  $S_T/S_L < 0.7$ , heat transfer is inefficient and aligned tubes should not be used.

Koefisien Konveksi

$$h_{o \text{ zona}} = \frac{Nu_D K_{zona}}{d_o} \dots\dots\dots (3.13)$$

Overall Heat Transfer Coefficient (U)

$$U = \frac{1}{\frac{d_o}{d_i h_i} + \frac{d_o \ln(\frac{d_o}{d_i})}{2k} + \frac{1}{h_{o,zona}}} \dots\dots\dots (3.14)$$

Keterangan :

$U$  = overall heat transfer coefficient

$h_i$  = koefisien konveksi akibat aliran di dalam *tube*

$h_o$  = koefisien konveksi akibat aliran di sisi *shell*

$k$  = koefisien konduksi *tube*

Selain itu, perpindahan panas juga dipengaruhi oleh *baffle*. Adapun *baffle* akan mempengaruhi besarnya luasan yang dilalui oleh aliran. Luas area berpengaruh pada kecepatan aliran sisi *shell*. Semakin tinggi kecepatan aliran maka nilai *Reynold Number* semakin tinggi dan aliran semakin turbulент sehingga nilai perpindahan panas yang terjadi semakin besar. Hubungan antara jumlah *baffle* dengan besarnya perpindahan panas dapat dilihat pada persamaan di bawah ini:

$$N_B = \frac{L_{zona}}{B_s} - 1 \dots\dots\dots (3.15)$$

$$A_s = \frac{ID_{shell} B_s}{N_B + 1} \dots\dots\dots (3.16)$$

Keterangan:

$N_B$  = jumlah *baffle*  $B_s$

= *baffle spacing*

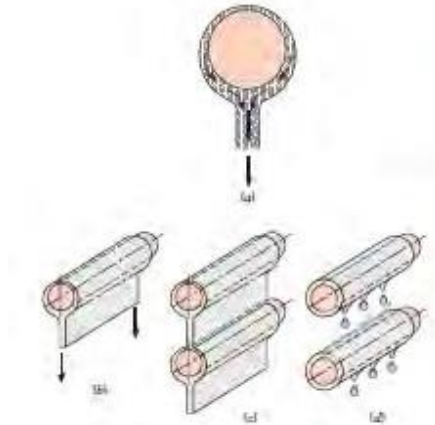
$A_s$  = luas zona yang dilalui oleh aliran

### 3.3.2.2 Zona Condensing

Pada zona condensing terjadi perpindahan panas yang disertai dengan perubahan fase dari uap jenuh menjadi cair jenuh. Dengan adanya perubahan fase ini, hukum *Zukauskas* tidak dapat digunakan. Perpindahan panas pada zona *condensing* dapat dianalisa berdasarkan lapisan kondensasi pada sistem radial pada horizontal *tube*.

Kondensasi yang terjadi di dalam *shell and tube heat exchanger* terbagi menjadi dua jenis yakni *dropwise condensation* dan *film condensation*. Pada *dropwise condensation* kondensat berbentuk bintik embun yang kemudian akibat gaya gravitasi dan

gaya berat yang dimilikinya membuat titik embun tersebut jatuh menetes secara terus menerus. Sedangkan pada *film condensation*, kondensatnya berbentuk lapisan tipis yang melingkupi dinding pipa yang semakin lama semakin menebal. Lapisan tipis tersebut jatuh ke bawah karena pengaruh gaya gravitasi dan gaya berat.



Gambar 3.17 *Film Condensation* pada bola a) bola, b) *single horizontal tube*, c) *tube horizontal* yang tersusun *vertical* dengan *continuous condensate sheet*, d) kondensat yang menetes  
(Sumber: “Fundamental of Heat and Mass Transfer Seventh Edition”)

Pada perancangan kali ini digunakan pendekatan deretan tegak lurus bertingkat dari *horizontal tube* dengan *continous condensate*. Rata – rata koefisien konveksi untuk susunan *tube* vertikal dari *horizontal tube* adalah:

$$Nu_D = C \left( \frac{g \times \rho_1 \times (\rho_1 - \rho_v) \times D_0^3 \times h'_{fg}}{k_1 \times \mu_1 (T_{Sat} - T_s)} \right) \dots\dots\dots (3.17)$$

Dimana nilai C untul *tube* adalah 0,729. Untuk mendapatkan nilai  $h'_{fg}$  maka terlebih dulu mencari nilai *Jacob's number*.



$$ja = \frac{c_{pl}(T_{sat} - T_s)}{h_{fg}} \dots\dots\dots (2.18)$$

$$h'_{fg} = h_{fg}(1 + 0,68ja) \dots\dots\dots (2.19)$$

Maka untuk menghitung nilai koefisien konveksinya digunakan rumus:

$$h_{o,con} = \left( \frac{N_{UD} \times k_1}{d_o} \right) \dots\dots\dots (2.20)$$

$$h_{o,N} = h_{a,con} \cdot N_L^n \dots\dots\dots (2.21)$$

merupakan koefisien konveksi pada bagian atas *tube*. Perhitungan *nusselt number* dapat ditingkatkan dengan menghitung ketebalan lapisan *film* pada *tube* dengan nilai  $n = -1/4$  atau  $n = -1/6$ . Namun dalam perhitungan digunakan nilai empiris sebesar  $n = -1/6$  karena lebih tepat.

Keterangan :

$h_o$  = koefisien konveksi

$C$  = Konstanta untuk *tube*

$\rho_l$  = massa jenis pada fase liquid

$\rho_v$  = massa jenis pada fase vapor

$g$  = percepatan gravitasi

$k_1$  = koefisien perpindahan panas konduksi pada fase liquid

$h_{fg}$  = *Rohsenow Modified Latent Heat*

$N_L$  = Jumlah *tube* horisontal pada baris vertikal

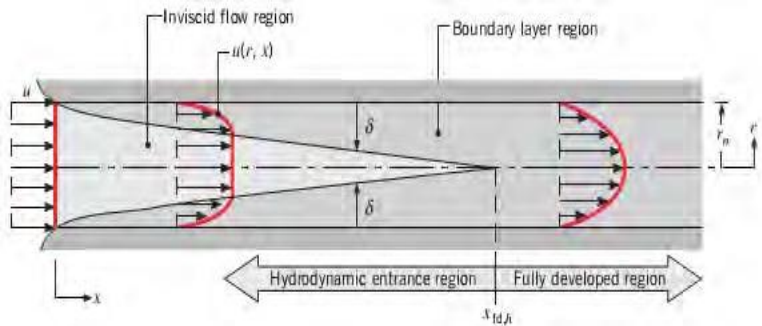
$T_{sat}$  = Temperatur saturasi

$T_s$  = Temperatur *surface*

### 3.3.3 Analisis Perpindahan Panas Internal (Sisi Tube)

Perpindahan panas pada sisi *tube* dianalisis berdasarkan perpindahan panas yang terjadi pada aliran internal. Aliran internal adalah aliran fluida yang dibatasi oleh *surface*. Pada aliran internal ini, tidak memungkinkan adanya perkembangan *boundary layer*. Berbeda dengan aliran eksternal yang

memungkinkan terjadinya perkembangan *boundary layer* karena alirannya tidak dibatasi oleh surface.



Gambar 3.18 Pembentukan *Boundary Layer* pada *Circular Tube*

(Sumber: “Fundamental of Heat and Mass Transfer Seventh Edition”)

Pada aliran internal dikenal 2 jenis aliran yaitu aliran laminar dan aliran turbulen. Kedua jenis aliran ini dapat dibedakan berdasarkan nilai *Reynolds Number* nya. Berikut adalah persamaan untuk menghitung nilai *Reynolds Number*:

$$Re_D = \frac{\rho_c V_{tube} d_i}{\mu_c} \dots \dots \dots (2.22)$$

a. Aliran Laminar

Aliran laminar adalah aliran yang memiliki *Reynolds Number*  $< 2300$ . Perpindahan panas yang terjadi pada aliran internal dapat dilihat pada dua kondisi yaitu saat fluks permukaan konstan dan pada saat temperatur permukaan konstan. Pada aliran internal yang melalui *circular tube* dengan *uniform surface heat flux* dan *fully developed condition* (laminar) maka nilai *Nusselt number* konstan. Nilai *Nusselt number* tidak bergantung pada *Re*, *Pr*, dan *axial location*. *Nusselt number* untuk aliran laminar dapat diperoleh dengan persamaan:

$$Nu_D = \frac{hD}{k} = 4.36 \text{ (} q'' \text{ konstan)} \dots \dots \dots (2.23)$$

$$Nu_D = 3.66 \text{ (} T_s \text{ konstan)} \dots \dots \dots (2.24)$$

#### b. Aliran Turbulen

Aliran turbulen adalah aliran yang memiliki nilai *Reynolds Number*  $> 2300$ . Berdasarkan persamaan *Dittus-Boelter*, nilai *Nusselt Number* pada aliran turbulen dapat dihitung dengan persamaan:

$$Nu_D = 0,023 Re_D^{4/5} Pr^n \dots\dots\dots (2.25)$$

Dimana,

$n = 0,4$  untuk *heating* ( $T_s > T_m$ )

$n = 0,3$  untuk *cooling* ( $T_s < T_m$ )

Dengan kolerasi,

$$\left[ \begin{array}{l} 0,7 \leq Pr \leq 160 \\ Re_D \geq 10,000 \\ \frac{L}{D} \geq 10 \end{array} \right] \text{ Semua property fluida diukur pada } T_m$$

Sedangkan koefisien konveksi dihitung dari persamaan berikut ini,

$$h_{i \text{ tube}} = \frac{Nu_{D \text{ tube}} K_c}{N_i} \dots\dots\dots (2.26)$$

Keterangan :

$Nu_D$  = *Nusselt number*

$Re_D$  = *Reynold number*

$Pr$  = *Prandtl number*

$h_{i \text{ tube}}$  = koefisien konveksi *tube*

$k$  = *thermal conductivity*

#### 3.3.4 Analisis Pressure Drop

##### ➤ Pressure Drop pada Sisi Shell

*Pressure drop* yang terjadi pada sisi *shell* dibagi kedalam tiga bagian yang berbeda, yaitu *pressure drop* zona *subcooled*, *condensing*, dan *desuperheating*. Zona

*subcooled* dan *desuperheating* menggunakan perumusan yang sama untuk mendapatkan nilai dari penurunan tekanan. Namun, zona *condensing* menggunakan rumus yang berbeda. Hal ini disebabkan pada daerah *condensing* fluidanya berada dalam fase *mixture* atau campuran.

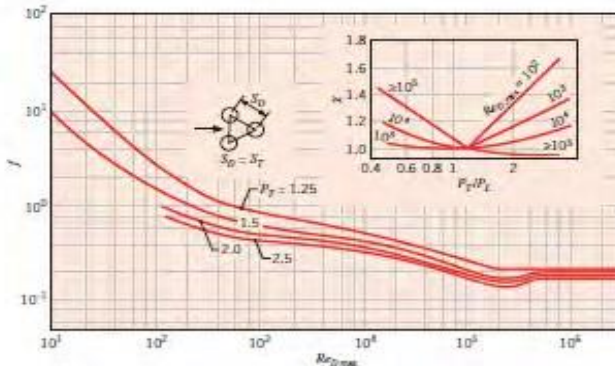
*Pressure drop* untuk daerah *desuperheating* dan *subcooling* dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$\Delta P_{zona} = N_L X \left( \frac{\rho_{zona} v_{max}}{2} \right) f \dots\dots\dots (3.37)$$

Dimana :

- $\Delta P_{sub}$  : *pressure drop* pada zona (desuperheating atau subcooling)
- $N_L$  : jumlah *tube* pada arah longitudinal
- X : faktor koreksi
- F : faktor gesek

Nilai dan dicari dari grafik dibawah ini.



Gambar 3.19 Grafik faktor gesek  $f$  dan faktor koreksi  $X$  untuk susunan *tube bundle staggered*.

(Sumber: "Fundamental of Heat and Mass Transfer Seventh Edition")

$P_T$  dan  $P_L$  secara berturut-turut merupakan pitch transversal dan longitudinal yang tidak berdimensi.

$P_T = S_T / d_o$  dan  $P_L = S_L / d_o$

*Pressure drop* untuk zona *condensing* dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$\Delta P_{cond} = \frac{1}{2} \frac{f G_s^2 D_s (N+1)}{2 \cdot 5.22 \times 10^{10} D_{es}} \dots\dots\dots (3.38)$$

Dimana :

- $f$  : faktor gesek
- $G_s$  : kecepatan massa *shell*
- $D_s$  : *inner diameter shell*
- $N + 1$  : jumlah *crosses*
- $D_e$  : diameter ekuivalen untuk perpindahan panas dan *pressure drop*
- $s$  : gravitasi spesifik

#### ➤ ***Pressure Drop pada Sisi Tube***

Penurunan tekanan pada *tube* dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu *pressure drop major* ( ) dan *pressure drop minor* ( ). *Pressure drop major* merupakan *pressure drop* yang terjadi pada pipa atau *tube* lurus. Sedangkan *pressure drop minor* terjadi pada perubahan penampang pipa, belokan pipa, masuk dan keluar pipa, dst. Persamaan yang digunakan untuk mendapatkan penurunan tekanan *major* pada *tube* adalah:

$$\Delta P_{major} = f \frac{L_{tube}}{d_i} \frac{\rho v^2}{2} \dots\dots\dots (3.39)$$

Dimana :

- $f$  : faktor friksi pada *moody diagram*
- $\rho$  : massa jenis fluida
- $v$  : kecepatan fluida
- $L_{tube}$  : panjang efektif *tube*
- $d_i$  : diameter dalam *tube*

Sedangkan *pressure drop minor* didapat dari persamaan,

$$\Delta P_{minor} = K \frac{1}{2} \rho v^2 \dots\dots\dots (3.40)$$

Dimana :

k : konstanta yang bergantung dari bentuk *tube / pipa*,  
seperti *sudden contraction* atau entrance maupun *exit*.

### 3.3.5 Analisis Perpindahan Panas dengan Metode *Number of Transfer Unit* (NTU)

Metode ini digunakan untuk mengetahui unjuk kerja dari *heat exchanger*. Untuk mengetahui unjuk kerja suatu *heat exchanger*, maka harus diketahui dahulu nilai laju perpindahan maksimum ( $q_{maks}$ ) pada *heat exchanger* tersebut.

$$C_c < C_h: q_{max} = C_c (T_{h,i} - T_{c,i}) \dots\dots\dots (2.31)$$

$$C_h < C_c: q_{max} = C_h (T_{h,i} - T_{c,i}) \dots\dots\dots (2.32)$$

$$q_{max} = C_{min} (T_{h,i} - T_{c,i}) \dots\dots\dots (2.33)$$

Nilai effectiveness( $\varepsilon$ ) adalah perbandingan antara laju perpindahan panas *heat exchanger* dengan laju perpindahan panas maksimum yang dimungkinkan.

$$\varepsilon = \frac{q}{q_{maks}} \dots\dots\dots (3.34)$$

*Effectiveness* merupakan bilangan tanpa dimensi yang nilainya berada dalam batas  $0 < < 1$ . Untuk semua *heat exchanger*, nilai *effectiveness* dapat dinyatakan,

$$\varepsilon = f (NTU, Cr) \dots\dots\dots (3.35)$$

$$\varepsilon = f \left( NTU, \frac{C_{min}}{C_{maks}} \right) \dots\dots\dots (3.36)$$

Pada beberapa permasalahan, nilai temperatur outlet tidak dapat diperoleh sehingga untuk melakukan analisis efektivitas *heat exchanger* digunakan *dimensionless parameter* yaitu *number of transfer unit* (NTU).

$$NTU = \frac{UA}{C_{min}} \dots\dots\dots (3.37)$$

Dimana  $C_{\min}$  dapat diperoleh dengan mencari nilai terkecil dari  $C_c$  dan  $C_h$  yaitu:

$$C_c = \dot{m}_c \cdot C_{p_c} \dots\dots\dots (3.38)$$

$$C_h = \dot{m}_h \cdot C_{p_h} \dots\dots\dots (3.39)$$

Dengan menggunakan *dimensionless parameter* (NTU) maka efektifitas dari *heat exchanger* tipe *shell and tube* dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\varepsilon = 2 \left\{ 1 + C_r + (1 + C_r^2)^{1/2} x \frac{1 + \exp \left[ -(NTU)(1 + C_r^2)^{1/2} \right]}{1 - \exp \left[ -(NTU)(1 + C_r^2)^{1/2} \right]} \right\}^{-1} \dots\dots\dots (3.40)$$

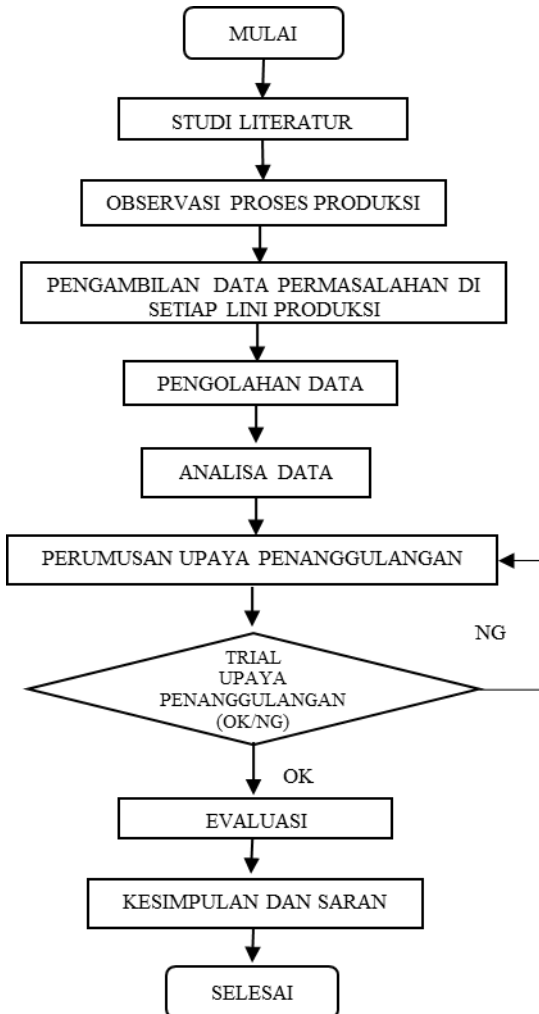
Keterangan :

- $\varepsilon$  = *effectiveness* dari *heat exchanger*
- $q$  = laju perpindahan panas aktual yang terjadi
- $q_{\max}$  = laju perpindahan panas maksimal yang dapat terjadi  $C_c$
- $C_c$  = *specific heat capacity* untuk fluida dingin
- $C_h$  = *specific heat capacity* untuk fluida panas  $C_{\min}$
- $C_{\min}$  = *specific heat capacity* paling kecil

## BAB IV METODOLOGI PENELITIAN

### 4.1 Diagram Alir Penelitian

**Gambar 4.1** Diagram alir penelitian.





Pada Gambar 4.1 dijelaskan mengenai proses penelitian yang dilakukan selama program kegiatan magang berlangsung. Dalam laporan ini penelitian dilakukan terhadap proses Analisa kerusakan pada high pressure heater (HPH) 2. *Flow* proses dari proses produksi benda kerja ini terdiri dari : penentuan matrial, pembuatan desain HPH 2, *pembuatan komponen HPH 2*, fit up, assembling, lalu *packing* dan *delivery*.

#### 4.2 Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada proses perbaikan *HPH 2* adalah metode *Redesign*. *Redesign* merupakan proses pendesainan dan penggantian shall dan tube serta perbaikan untuk permasalahan kebocoran dan kerusakan ringan maupun berat pada Shall dan Tube Condenser maupun Shall dan Tube pada Evaporator. Penggunaan metode *Retubing* karena metode maintenance ini merupakan metode paling umum yang digunakan dan mudah dilakukan. Selain itu, Retubing juga memiliki manfaat untuk memastikan tekanan uap yang dihasilkan selalu konsisten dan menjamin tidak terjadinya kebocoran, penyumbatan dan kerusakan pada Shall dan Tube. Adapun tahapan lebih jelasnya adalah sebagai berikut:

1. Tahap Inspeksi : Tahap inspeksi digunakan untuk meneliti dan mengamati Boiler, Shall dan Tube pada alat tersebut. Inspeksi ini penting dilakukan karena untuk mempersiapkan apa saja kebutuhan yang akan digunakan dalam proses maintenance. Selain itu pada tahap ini juga digunakan untuk mengestimasi biaya yang akan dibutuhkan.
2. Ekstraksi Tube dan Shall :Ekstraksi Tube dan Shall merupakan tahap kelanjutan dari inspeksi karena data yang diperoleh dari tahap inspeksi yang akan digunakan pada tahap ini yang ditujukan untuk menentukan mana saja bagian yang masih bisa diperbaiki dan mana yang harus di ganti.
4. Penentuan Spesifikasi HPH: Tahap penentuan spesifikasi ini berkaitan dengan penentuan matrial apa yang nantinya akan di pakai sehingga dapat disesuaikan dengan karakteristik dan memenuhi kebutuhan dari plan.

- 
5. Pembuatan Design: Proses pembuatan Design ini dilakukan untuk melakukan pemodelan yang digunakan untuk membantu menyampaikan arahan maupun instruksi kerja dan penentuan langkah - langkah pengerjaan alat sesuai dengan kebutuhan.
  6. Pembentukan dan pembuatan : Setelah proses design dilakukan proses pembuatan part – part yang akan di assam
  - 7 Fit Up : setelah proses pembuantan dan pembentukan dilakukan selanjutnya dilakukan proses fit up untuk menggabungkan setiap bagian – bagian dari komponen HPH yang sudah di buat.
  - 8 *Welding* : merupakan tahapan penggabungan secara permanen pada setiap part komponen dengan menggunakan metode pelelehan logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam penambah dan menghasilkan sambungan yang kontinu .
  - 9 *Finishing* : tahap *finishing* dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu *shoot blasting*, *grinding*.
  - 10 Packing dan Delivery

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB V**

### **PEMBAHASAN**

#### **5.1 Deskripsi Kegiatan Program Magang**

Program Magang Mahasiswa Bersertifikat yang dilakukan di PT. Barata Indonesia (Persero) saat ini sudah berlangsung selama 2 minggu terhitung dimulai pada 2 Maret 2020 – 17 Maret 2020, kondisi saat ini program PMMB diberhentikan sementara oleh pihak perusahaan dikarenakan adanya pandemi COVID-19 dan akan dilanjutkan pelaksanaannya dimulai pada 8 Juni 2020 mendatang. Selama 2 minggu pelaksanaan program magang, mahasiswa telah ditempatkan di PIB (*Peralatan Industri Berat*) Workshop 3 dari Divisi produksi dan engineering. Selama 2 minggu mengikuti program magang ini ada 3 tugas yang telah dikerjakan yaitu terkait *Analisa mesin dan proses produksi* dengan tujuan menganalisa kemampuan tiap tiap mesin dan mencarikan solusinya apabila menemukan dengan begitu diharapkan solusi yang diberikan dapat meningkatkan produktifitas dari divisi produksi yang ada di workshop PIB, desain ulang Gudang consumable workshop PIB dan Analisa penyebab kerusakan HPH 2.

##### **5.1.1 Flow Proses Produksi di Workshop PIB Divisi Industri Komponen dan Permesinan (DIKP) PT. Barata Indonesia**

*Workshop PIB* merupakan salah satu *plant* di PT.Barata Indonesia (Persero). Proses produksi utama yang dijalankan oleh pabrik *Peralatan Industri Berat* meliputi proses pembuatan alat alat industri dan juga perbaikan. *Workshop PIB* memiliki fasilitas peralatan yang mempunyai dalam melakukan proses produksi alat maupun perbaikan seperti Dishing Press Machine dengan kekuatan 800 ton, Flanging Machine dengan kemampuan dalam pembentukan plat hingga ketebalan 32 mm, Mesin Heat Treatment dengan kapasitas 6x6x18 m dan temperature maksimal 950°C, Hydraulic Press Machine 300 Ton, Plasma Cutting, Welding Saw, Shoot Blast. *Workshop PIB* memiliki kompetensi dalam memproduksi peralatan peralatan industri. Beberapa produk yang dihasilkan oleh pabrik PIB meliputi :

- *High Pressure Heater*
- *Pressure vessel*
- *Rubber Tyred Gantry (RTG)*

struktur komponen mesin dan masih banyak lainnya lagi.

Dalam memudahkan untuk memahami secara detail aktivitas operasional yang dilakukan oleh perusahaan dalam menjalankan proses bisnisnya dapat dilakukan melalui beberapa tahapan yaitu pemahaman aliran informasi di perusahaan dan pemahaman aliran fisik/material yang digunakan dalam proses produksi.

a. Aliran informasi

Aliran informasi pada pelaksanaan aktivitas operasional yang terjadi di Pabrik *PIB* meliputi :

1. Adanya pemesanan produk dengan spesifikasi tertentu yang dilakukan oleh *customer* melalui Departemen Pemasaran. Pada proses pemesanan ini dilakukan diskusi dan negosiasi terhadap detail pesanan yang dimasukkan oleh *customer*.
2. Pesanan disampaikan ke Bagian *Engineering* untuk proses pembuatan desain gambar teknik produk, standar proses yang harus dilakukan, dan spesifikasi kualitas dari produk.
3. Dilakukan verifikasi gambar teknik dan spesifikasi produk oleh perusahaan dengan *customer*.
4. Gambar teknik dan spesifikasi produk yang telah diverifikasi oleh *customer* kemudian digambar secara detail ke dalam *sub drawing* oleh bagian *Engineering* untuk kemudian diserahkan ke Bagian Produksi.

5. Bagian pemasaran melakukan koordinasi dengan pihak produksi terkait lama waktu pengerjaan yang sanggup dicapai agar pesanan dapat selesai sesuai dengan waktu yang telah disepakati dengan *customer*.
  6. Setelah pesanan disepakati oleh perusahaan dan *customer*, kemudian dibuat perjanjian atau kontrak kerja.
  7. Bagian pemasaran kemudian mengeluarkan *order card* yang kemudian diberikan kepada pihak produksi yang bertanggungjawab.
  8. Pihak produksi, khususnya bagian *engineering* kemudian membuat *material requisition list* (MRL) yang berisi kebutuhan material dalam periode waktu tertentu. MRL kemudian diserahkan ke bagian Pengadaan untuk dilakukan pengadaan material.
  9. Bagian Pengadaan melakukan pemesanan kepada *supplier* untuk pemenuhan kebutuhan bahan baku.
  10. Bahan baku yang telah dikirim oleh *supplier* dan sampai di perusahaan kemudian diinspeksi oleh Bagian Pengendali Kualitas (PK) untuk memastikan material bahan baku yang datang sesuai dengan kualitas yang telah ditetapkan.
  11. Bagian Produksi melakukan koordinasi dengan bagian PPC (*production and planning control*) untuk melakukan penjadwalan produksi agar penyelesaian produksi sesuai dengan *order card*.
  12. Bagian PPC melakukan koordinasi dengan bagian Pengendalian Kualitas (PK) dalam mengawasi jalannya produksi agar hasil produksi memenuhi spesifikasi kualitas yang diinginkan.
- b. Aliran fisik/material
- Aliran fisik/material yang terdapat pada proses produksi yang dilakukan oleh Pabrik *PIB* adalah sebagai berikut :
1. Bahan baku dari *supplier* diterima oleh bagian Gudang, kemudian dilakukan inspeksi oleh Bagian Pengendalian

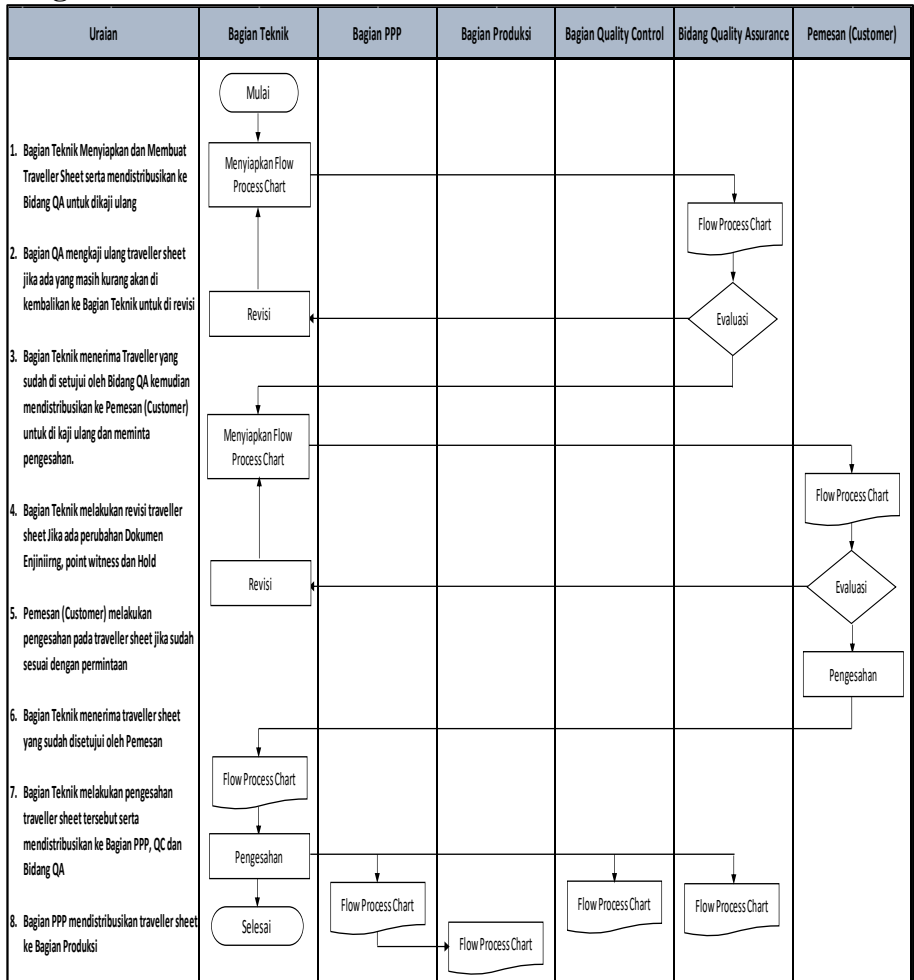
---

Kualitas untuk memastikan bahan baku memenuhi spesifikasi kualitas yang diinginkan.

2. Pemotongan dan pembentukan material sesuai dengan desain gambar yang sudah diterbitkan.
3. Selanjutnya dilakukan proses *machining* pada produk. Tujuan proses *machining* adalah untuk mendapatkan akurasi bentuk dan dimensi produk setelah melalui proses *pemotongan dan pembentukan*.
4. Selanjutnya dilakukan pengecekan kualitas dimensi produk, setelah memenuhi standar selanjutnya dilakukan proses perakitan.
5. Proses selanjutnya dilakukan proses welding, dan setelah proses welding dilanjutkan dengan pengecekan hasil welding dengan pengujian menggunakan penetran dan NDT.
6. Setelah proses semua proses diatas dilakukan selanjutnya akan masuk ke proses shoot blasting, setelahnya dilakukan painting dan setelah itu produk di kemas dan dikirim ke pemesan.

Berdasarkan aliran informasi dan aliran fisik/material dapat digambarkan proses produksi pada *workshop PIB* pada Gambar 5.1 berikut.

## Diagram Alir Flow Process Chart



Gambar 5.1 Diagram alir Flow Proses Chart



## 5.2 Perbaikan HPH 2

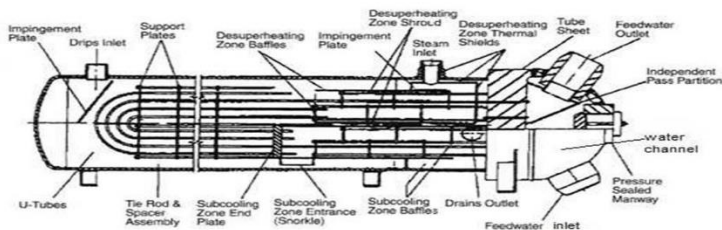
HPH 2 merupakan salah satu *job order* non-seri yang diterima oleh PT. Barata Indonesia dari salah satu *customer*. Berdasarkan kartu pesanan (*order card*) yang telah diberikan oleh Bagian Pemasaran ke Bagian PPC, *job order* “**Retubing High Presssure Heater**” sebanyak 3 pcs ini masuk pada tanggal 4 Maret 2020 dan akan diserahkan pada tanggal 30 April 2020. Pada Gambar 5.6 merupakan produk HPH 2 yang akan diproduksi.



Gambar 5.2 *High Pressure Heater* (arsip Foto departemen Engineering)

### 5.2.1 High Pressure Heater (HPH)

High Pressure Heater merupakan alat penukar kalor yang berfungsi memberi pemanasan awal pada air umpan dengan memanfaatkan uap ekstraksi turbin. Tipe shell and tube dengan pipa U dipilih karena kemampuannya menangani tekanan tinggi dan menyediakan area perpindahan kalor yang luas seperti ditunjukkan Gambar 1.



Gambar 5.3 Konstruksi *High Pressure Heater* (HPH)

Uap ekstraksi turbin sebagai fluida panas mengalir pada bagian *shell*, sedangkan air umpan mengalir pada bagian *tube*. Aliran uap ekstraksi diarahkan oleh pelat *baffle*. Di dalam *shell* terdapat *tube bundle* yang berisi kumpulan pipa-pipa penukar kalor. Di dalam pipa-pipa mengalir air umpan. *Water channel* berfungsi menampung air umpan sebelum dan sesudah melewati pipa-pipa penukar kalor. *Water channel* berupa ruangan setengah lingkaran. dan bagian dalamnya dibagi dua oleh pelat untuk memisahkan air umpan yang sudah dipanaskan dan yang belum. Kalor akan berpindah dari uap ekstraksi menuju air umpan melalui dinding pipa-pipa, sehingga air umpan akan mengalami peningkatan temperatur, sedang uap ekstraksi akan mengalami penurunan temperatur dan perubahan fase menjadi cair (*condensing*).

### 5.2.2 Bagian-bagian pada High Pressure Heater

Secara umum bagian-bagian utama pada high pressure heater sebagai berikut:

- a. Shell, cangkang / selongsong / silinder panjang yang melingkupi tube yang dibuat dari plat baja yang diroll dan dilas ada juga dapat terbuat dari plat baja campuran.
- b. U – Tubes, tube yang dibengkokkan menyerupai bentuk huruf U, sebagai tempat feedwater mengalir masuk dan keluar melalui channel.
- c. Feedwater Nozzle, saluran masuk dan keluar feedwater yang dihubungkan dengan channel.
- d. Inlet dan Outlet Nozzle, saluran masuk dan keluar sisi shell.
- e. Channel, saluran masuk dan keluarnya feedwater. Channel HPH dibuat dari baja yang ditempa, di mana tube sheet dan kepala plat channel terbuat dari baja karbon. Channel berbentuk setengah bola dan di dalamnya terdapat sekat untuk laluan feedwater di dalam channel.

- 
- f. Heater Support, penyangga feedwater heater.
  - g. Impingement Plate, piringan yang ada pada saluran uap masuk ataupun drain untuk melindungi tube dari aliran uap / drain yang masuk heat exchanger.
  - h. Water Level digunakan untuk mengetahui ketinggian air yang berada di sisi shell.
  - i. Tubes Support, penyangga tube dan melindungi tube dari gesekan satu sama lain.
  - j. Tie Rods and Spacers, alat ini berfungsi menopang tube bundle dan baffle supaya terikat dengan benar.
  - k. Tubesheet, pelat disk yang dibor sebagai tempat ujung- ujung U-tubes dipasang.
  - l. Pass Partition, sekat laluan/ plat yang memisahkan feedwater inlet dan feedwater outlet.
  - m. Vent untuk melepaskan noncondensable gases dari sisi shell dan tube pada saat startup dan operasi normal dari heat exchanger.
  - n. Covering plate digunakan untuk memisahkan zona desuperheating dan zona drain cooling dari zona condensing.
  - o. Baffle, berfungsi sebagai penyangga tube, menjaga jarak antar masing-masing tube, menjaga agar konstruksi tube berada pada kondisi rigid sehingga dapat menahan vibrasi yang ditimbulkan oleh tekanan dan suhu fluida. Disamping itu juga sebagai pengatur arah aliran fluida pada *shell side* agar mendapatkan koefisien perpindahan panas yang besar.

### 5.2.3 Zona yang terdapat pada *High Pressure Heater*

#### a. *Desuperheating*

Zona *desuperheating* merupakan zona dimana uap panas lanjut mengalami penurunan suhu menuju kondisi jenuh. Disini diusahakan agar seluruh bagian uap dapat bersinggungan dengan sisi keluar tube yang dilalui air pengisi *boiler*.

#### b. *Condensing*

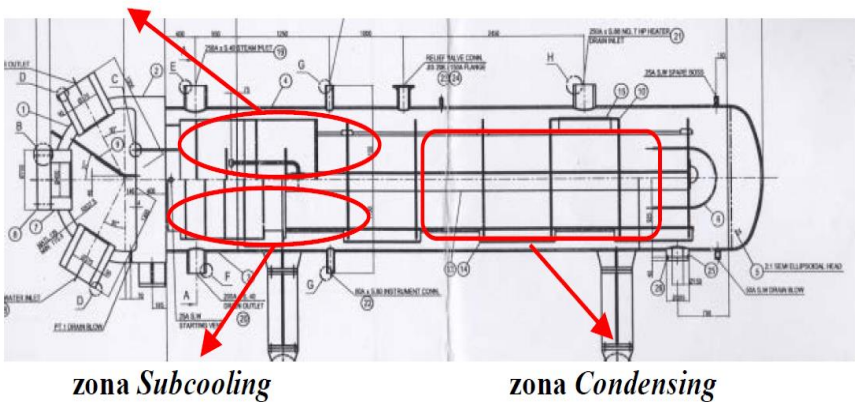
Zona dimana uap jenuh mengalami pengembunan. Oleh karena panas yang dapat diserap disini adalah yang

terbesar dengan suhu yang konstan maka diperlukan ruangan yang besar dibanding zona *desuperheating*.

c. **Subcooling**

Zona dimana air kondensat mengalami penurunan suhu. Seperti halnya zona *desuperheating*, disini juga diusahakan agar semua bagian air kondensat dapat bersinggungan dengan sisi masuk pipa pipa yang dilalui air pengisi.

**zona desuperheating**



Gambar 5.4 Zona *High Pressure Heater* (HPH)

**5.2.4 Kinerja *High Pressure Heater* (HPH)**

Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kinerja *high pressure heater*, di antaranya adalah sebagai berikut:

- Material pipa, diameter pipa, ketebalan dinding pipa, Panjang pipa, serta pengaturannya.
- Kebersihan pipa.
- Keberadaan *non-condensable gas* di sisi uap ekstraksi.
- Level *drain* uap ekstraksi.
- Temperatur awal, tekanan awal, dan laju alir air umpan.
- Tekanan dan temperatur awal uap ekstraksi.
- Entalpi dan laju aliran *drain* uap ekstraksi.

LAPORAN KERJA PRAKTIK  
TEKNIK MESIN INDUSTRI

Seperti alat penukar kalor pada umumnya, *high pressure heater* dapat diukur kinerjanya dengan berbagai indikator. Indikator yang dipakai adalah *Terminal Temperature Difference* (TTD), *Drain Cooler Approach* (DCA), *Temperature Rise* (TR), dan *Logarithmic Mean Temperature Difference* (LMTD).

- a. Menghitung *Terminal Temperature Difference* (TTD), dapat dihitung dengan rumus:

$$TTD = T_{saturated} - T_{feedwater\ out}$$

- b. Menghitung *Drain Cooler Approach Temperature* (DCA), dapat dihitung dengan rumus:

$$DCA = T_{drain} - T_{feedwater\ in}$$

- c. Menghitung *Temperature Rise* (TR), dapat dihitung dengan rumus :

$$TR = T_{feedwater\ out} - T_{feedwater\ in}$$

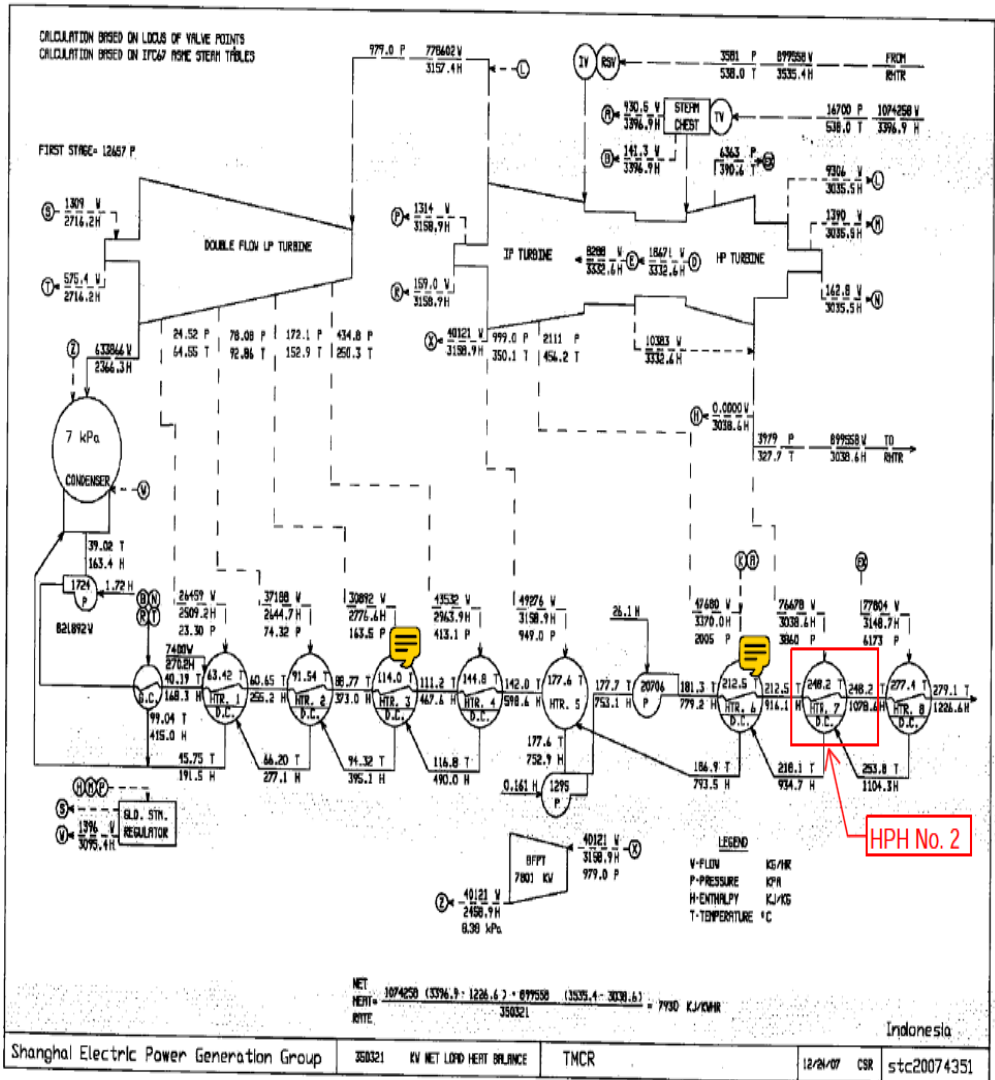
- d. Menghitung metode beda temperatur rata-rata logaritmik (LMTD) dapat dihitung dengan rumus :

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}}$$



Tabel 5.1 Data spesifikasi HP Heater No. 2

High Pressure Feedwater Heater No. 2 Unit 2	175 MW		280 MW		350 MW	
Type	U-Tube Horizontal / Three Zone					
Size	2355 x 13665					
Heating surface (m2)	1575					
Condition	Calculation	Exiting	Calculation	Exiting	Calculation	Exiting
Extraction steam Inlet Saturated Temperature (°C)	308,30	449,48	302,00	457,37	327,70	354,46
Main steam flow (t/hr)	28,50	531,56	50,24	810,87	76,68	1035,27
Drain Temperature (°C)	186,30	183,55	203,50	192,88	218,10	790,94
Inlet Temp. Feed Water (°C)	180,80	149,28	198,00	171,30	212,50	183,49
Feedwater pressure (°C)	0,28	11,96	0,31	16,60	0,33	29,71
Feedwater flow (t/hr)	416,78	547,76	610,27	892,95	821,89	1307,00
Outlet temperature feed water (°C)	210,90	173,40	231,10	187,83	248,20	183,67
Number of tube	1437					
Design pressure and temperature						
Tube side (MPa)	27771					
Shell side (MPa)	4,81					
Design TTD (°C)	0 (+3)					
Design DCA (°C)	5.6 (+3)					



Gambar 5.5 Heat balance diagram

### 5.2.5 HASIL DAN ANALISIS

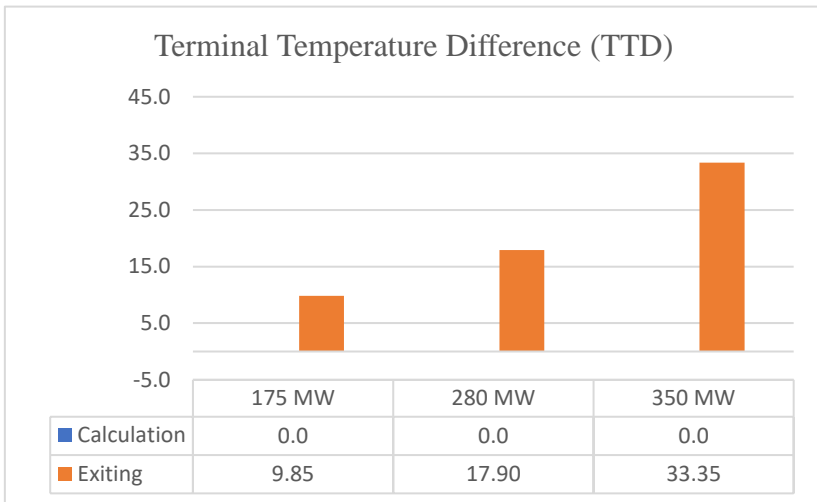
Berasarkan data pada Tabel 1, berikut ini disajikan hasil pengolahan data yang dinyatakan pada Tabel 2 berikut ini. Pengolahan data dimaksud terdiri atas *Terminal Temperature Difference* (TTD), *Drain Cooler Approach Temperature* (DCA), *Temperature Rise* (TR) dan LMTD (Logarithmic Mean Temperature Difference).

PARAMETER	175 MW		280 MW		350 MW	
	Calculation	Exiting	Calculation	Exiting	Calculation	Exiting
TTD (Terminal Temperature Difference)	0,0	9,85	0,0	17,90	0,0	33,35
DCA (Drain Cooler Approach)	5,50	34,26	5,50	21,58	5,60	607,45
TR (Temperature Rise)	30,10	24,12	33,10	16,53	35,70	0,18
LMTD (Logarithmic Mean Temperature Difference)	31,98	115,89	25,58	98,21	27,86	344,14

Tabel 5.2 Hasil Perhitungan Performa High Pressure Heater (HPH) No. 2  
Unit 2 Unit Jasa Pembangkitan Pelabuhan Ratu

a. Analisis Nilai *Terminal Temperature Difference* (TTD)  
Analisis perhitungan nilai TTD (*Terminal Temperature Difference*) pada High Pressure Heater setelah dibandingkan antara calculation desain dengan hasil exiting ditunjukkan pada gambar 4 dibawah.



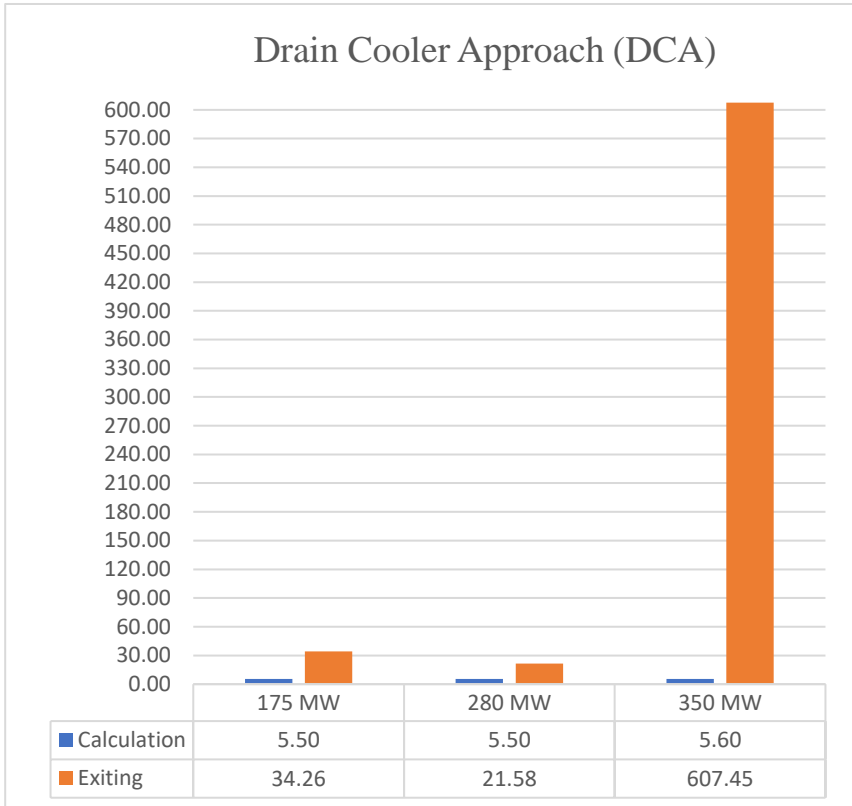


Gambar 5.6 Grafik Nilai TTD *High Pressure Heater* (HPH) No. 2 Unit 2 Unit Jasa Pembangkitan Pelabuhan Ratu

Perbedaan temperatur antara temperatur saturasi dengan temperatur *feedwater* yang keluar dari calculation HPH pada beban 175 MW, 280 MW dan 350 MW sebesar 0°C. Sedangkan saat exiting temperatur menjadi 9.85°C, 17.90°C, dan 33.35°C. Dapat dilihat bahwa ada kenaikan nilai TTD. Dimana kenaikan nilai TTD mengindikasikan bahwa terjadi penurunan pada proses *heat transfer*, sebaliknya penurunan nilai TTD menunjukkan peningkatan dalam proses *heat transfer*.

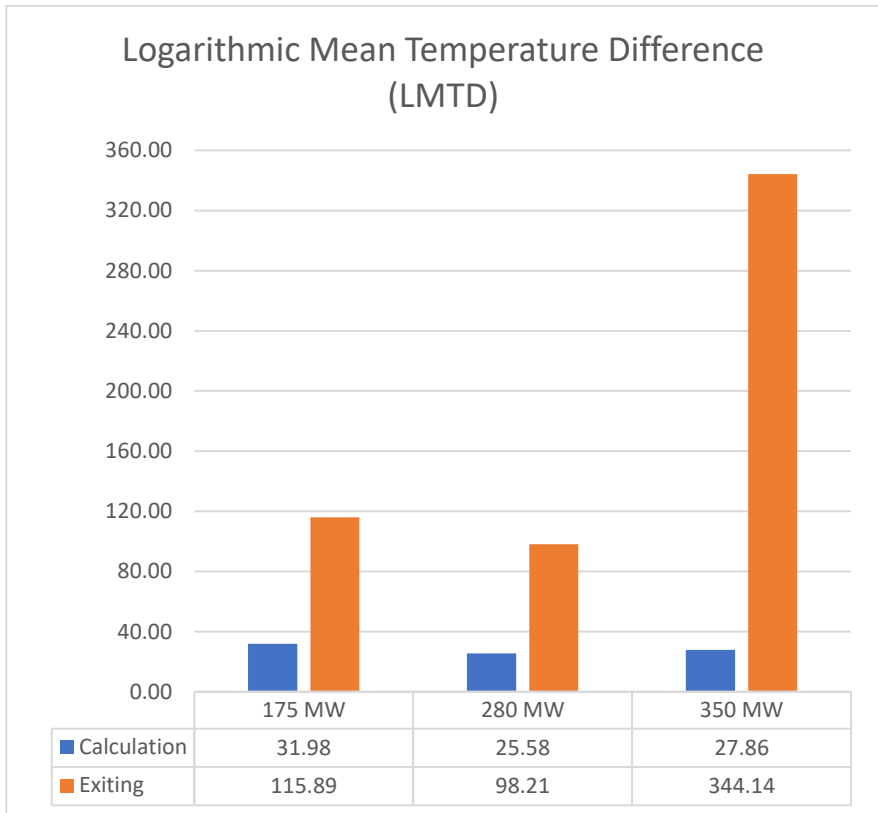
b. Analisis Nilai *Drain Cooler Approach* (DCA)

Analisis perhitungan nilai DCA (*Drain Cooler Approach*) pada High Pressure Heater setelah dibandingkan antara calculation desain dengan hasil exiting ditunjukkan pada gambar 5 dibawah.



Gambar 5.7 Grafik Nilai DCA *High Pressure Heater* (HPH) No. 2 Unit 2 Unit Jasa Pembangkitan Pelabuhan Ratu

Analisis perhitungan nilai DCA (*Drain Cooler Approach*) pada *High Pressure Heater* pada saat *exiting running*. Selisih temperatur *drain steam* dengan *feedwater* yang memasuki HP Heater 2 calculation sebesar 5.50°C, 5.50°C, dan 5.60°C. Sedangkan selisih temperature *drain steam* dengan *feedwater* yang memasuki HP Heater 2 pada kondisi terakhir sebesar 34.26°C, 21.58°C, dan 607.45°C. Dapat dilihat adanya selisih nilai DCA yang cukup besar pada calculation dan eksisting. Apabila selisih nilai DCA



Gambar 5.8 Grafik Nilai LMTD *High Pressure Heater* (HPH) No. 2 Unit 2 Unit Jasa Pembangkitan Pelabuhan Ratu

Analisis perhitungan nilai LMTD (*Logarithmic Mean Temperature Difference*) pada *High Pressure Heater* 2 setelah dilakukan initial running. Perbedaan temperatur rata-rata logaritmik antara air umpan dengan uap ekstraksi pada kalkulasi sebesar 31.98°C, 25.58°C, dan 27.86°C. Sedangkan perbedaan temperatur rata-rata logaritmik antara air umpan dengan uap ekstraksi HPH 2 pada exiting running sebesar 115.89°C, 98.21°C, dan 344.14°C. Dapat dilihat bahwa perbedaan nilai LMTD kalkulasi dan kondisi terakhir pada saat exiting.

Nilai  $\Delta LMTD$  menunjukkan tingkat penyerapan panas yang terjadi pada *high pressure heater*. Semakin kecil nilai LMTD maka penyerapan panas yang terjadi akan semakin baik dan optimal. Dan sebaliknya ada saat exiting running  $\Delta LMTD$  semakin besar, hal ini mengindikasikan bahwa penyerapan panas kurang baik dan tidak optimal.

(Halaman ini sengaja di kosongkan)

## BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari analisis yang dilakukan kali ini adalah sebagai berikut:

1. Faktor penyebab menurunnya performa HPH 2 dikarenakan adanya Fouling yang mengakibatkan penurunan pada proses *heat transfer*, hal tersebut dapat dilihat bahwa ada kenaikan nilai TTD. Dimana kenaikan nilai TTD mengindikasikan bahwa terjadi penurunan proses *heat transfer*.
2. Penyebab terjadinya fouling pada tube bisa terjadi karena pengolahan air laut atau fluida kerja yang digunakan dalam proses pre treatmentnya kurang baik sehingga masih mengandung elemen elemen yang dapat memicu terjadinya fouling dan korosi.

### 6.2 Saran

Berdasarkan performa heat exchanger, ada beberapa saran yang dapat diberikan untuk meningkatkan kinerja heat exchanger tersebut.

- a. Upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan performa dari heat exchanger yaitu dengan penggantian bahan. Bahan shell dapat diganti dengan stainless steel yang dilapisi isolator sedangkan bahan tube diganti dengan tembaga. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan nilai koefisien perpindahan kalor.
- b. Untuk seal pemisah antara sisi masuk tube dan sisi keluar shell dibuat lebih rapat, serta diganti dengan bahan yang tahan terhadap tekanan dan suhu tinggi.
- c. Penggantian sensor suhu yang ada dengansensor suhu yang memiliki ketelitian tinggi.
- d. Untuk menjaga kestabilan kinerja heat exchanger, fluida didalam shell dan tube dikeluarkan setelah heat exchanger selesai digunakan. Dan juga pembersihan heat exchanger secara rutin harus dilakukan.

---

### 6.3 Rekomendasi Proses Produksi

Meskipun selama anlisa di *proses perbaikan (retubing)* tidak terdapat hambatan yang menghambat produksi, namun terdapat beberapa rekomendasi yang dapat dilakukan untuk meningkatkan efisiensi produksi, diantaranya yaitu :

1. Menggencarkan penerapan budaya 5R di setiap *line* produksi
2. Membuat standar ketentuan langkah langkah kerja yang harus dilakukan oleh operator dan disertai standar waktu dalam menyelesaikan setiap detail pekerjaan.
3. Memperbaiki *layout* dan mengoptimalakan traveller sheet agar lebih tertata sehingga memudahkan dalam proses *produksi* maupun *perbaikan*.
4. Menambahkan *Quality Control Engineering* sehingga dapat mengkoreksi hasil pekerjaan pada departemen Engineering sebelum diturunkan ke langkabh kerja, sehingga dapat menghasilkan Langkah kerja yang lebih baik dan mencegah terjadinya revisi yang terjadi berulang kali.

## **BAB VII PENUTUP**

Dengan selalu memanjatkan puji syukur ke hadirat Allah SWT, yang telah memberikan karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan kegiatan Program Magang Mahasiswa Bersertifikat (PMMB) meskipun pelaksanaannya baru berjalan selama 2 minggu di PT. Barata Indonesia (Persero) dan ditunda sementara untuk beberapa waktu ini. Penulis juga mengucapkan ingin mengucapkan terima kasih pada :

1. Orang tua dan keluarga yang selalu memberikan dukungan dan doa kepada penulis hingga saat ini.
2. Salma, Fitria, dan Qoni selaku teman yang bersama menghadapi dinamika selama 2 minggu magang.
3. Mas Taufiq, Mas Hari, Mbak fiesta, Mas Ubaid, Mas Dayat dan semua rekan rekan staff di Departemen Engineering yang telah memberikan bimbingan selama magan.
4. Pak Dony dan Pak Mukti selaku biro human capital yang terus mendampingi mahasiswa magang dan memberikan semangat untuk selalu mempunyai mimpi dan menjadi lebih baik.
5. 14 teman teman PMMB Batch 1 2020 PT.Barata Indonesia yang sering kali menjadi teman diskusi saat magang.

Penulis menyadari masih banyak terdapat kesalahan, untuk itu kritik dan saran yang membangun sangat penulis butuh kan demi menyempurnakan laporan penulis. Semoga semua isi di dalam laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis pada khususnya dan pembaca pada umumnya.



*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR PUSTAKA

- ELSEVIER. (2005) MICHAEL F. ASHBY. Material Selection in Mechanical Design. Third Edition.
- Aminuddin, M., 2016. Analytical Solution to Counterflow Heat Exchanger Subjected to External Heat Flux and Axial Conduction. International Journal of Refrigeration.
- Bowman, R., 1940. Mean Temperature Difference in Design. Trans. ASME, Volume 62, pp. 283-294.
- Bradley, J., 2007. Single-Stage and Multistage Mass Transfer: Simple Rate-Based Analytical Solution. Chem Eng Commun, Volume 194, pp. 417-440.
- Bradley, J., 2010. Counterflow, Crossflow and Cocurrent Flow Heat Transfer in Heat Exchanger: Analytical Solution Based on Transfer Units. Journal of Heat and Mass Transfer, Volume 46, pp. 381-394.
- Cengel, Y., 2004. Heat Transfer: A Practical Approach 2nd Edition. New York: McGraw-Hill.
- Chen, J., 2013. Two-Stream Counter-Flow Heat Exchanger Equation with Time-Varying Velocity. Journal of Mathematical Analysis and Applications, Volume 410, pp. 492-498.
- Incropera, F., 2011. Fundamental of Heat and Mass Transfer 7th Edition. New York: John Wiley & Sons.
- Kern, D., 1950. Process Heat Transfer. New York: McGraw-Hill.
- Narayanan, S., 1998. Performance of a Counterflow Heat Exchanger with Heat Loss Through the Wall at Cold End. Cryogenics, Volume 39, pp. 43-52.
- Thulukkanam, K., 2000. Heat Exchanger Design Handbook. New York: Marcel Dekker.
- Vera, M., 2010. Exact Solution for the Conjugate Fluid-Fluid Problem in the Thermal Entrance Region of Laminar Counterflow Heat Exchanger. International Journal of Heat and Mass Transfer, Volume 54, pp. 490-499.
- Vera, M., 2010. Laminar Counter Parallel-Plate Heat Exchangers: Exact and Approximate Solutions. International Journal of Heat and Mass Transfer, Volume 53, pp. 4885-4898.
- Fundamental of Heat and Mass Transfer Seventh Edition*

---

*Fundamental of Heat and Mass Transfer Seventh Edition*  
*<http://www.hkdivedi.com/2016/11/difference-between-open-feedwater.html>*

*Heat Exchanger: Selection, Rating, and Thermal Design Second Edition,*  
*Sadik Kakac, 2002*

*“Thermodynamical Analysis Of High-Pressure Feed Water*  
*Heater In Steam Propulsion System During*  
*Exploitation*  
*Tugas Akhir Tara Puspita Sar*

*Thermodynamical Analysis Of High-Pressure Feed Water*  
*Heater In Steam Propulsion System During*  
*Exploitation*

## LAMPIRAN BERKAS PENDAFTARAN MAGANG CURRICULUM VITAE



### WIDI ABDUL KODIR DANU KUSUMA

Mechanical Engineering

  
082140543043 widiabdukkodirdanu@gmail.com

  
widiabdukkodirdanu@gmail.com

  
widiabdukkodirdanu

**KEAHLIAN**

1. Welding
2. Engineering
3. Manufaktur
4. P&ID

**KEAHLIAN KOMPUTER**

1. Microsoft word
2. Microsoft excel
3. Microsoft power point
4. Fluidsim
5. Inventor
6. CAD

**HOBİ**

  
Badminton

  
Music

  
Renang

Nama lengkap saya Widi Abdul Kodir Danu Kusuma dan saat ini saya berkuliah di Departemen Teknik Mesin Industri ITS Surabaya, kondisi kesehatan saya saat ini sangat baik, terus belajar dan berusaha untuk menjadi insan yang lebih baik, jujur, berani dan bertanggung jawab adalah komitmen saya, selain komitmen yang saya miliki saya memiliki kepribadian yang baik, rendah hati, mudah beradaptasi dengan lingkungan baru dan dapat bekerja mandiri maupun dengan tim secara baik.

**Riwayat pendidikan**

- 2003 – 2009 MI Hasanuddin
- 2009 – 2012 MTs Negeri 1 Sidoarjo
- 2012 – 2015 SMK Negeri 3 Buduran – Sidoarjo
- 2017 – sekarang Teknik Mesin Industri ITS Surabaya

**Pengalaman Kerja Praktek**

1. PT. PAL Surabaya
2. PT. Barata Indonesia

**Pengalaman organisasi**

1. Ketua karang taruna desa Tebel Barat
2. Anggota Bank sampah Kabupaten Sidoarjo
3. Tim kawal PKM ITS
4. Staff Ristek HMDM
5. Kadiv Keilmiah BEM Fakultas Vokasi ITS

**Pengalaman panitia**

1. Wakil ketua Panitia Kuliah tamu Wasbang bersama BUMN
2. Wakil Ketua SEC HMDM 2019
3. Staff kesteri IFC ITS 2018
4. Ketua OC FMD Teknik Mesin Industri kerjasama Disnaker
5. Ketua pentas seni dan bazar desa Tebel Barat

**Pelatihan**

1. LKMM Pra TD
2. Mabits HMDM
3. FMD (Fisik Mental Disiplin) di Puslatpur Purbaya Malang
4. PKTI
5. Welding (FORJEJA)
6. PMMB (Program Magang Mahasiswa Bersertifikat)

## SURAT PENGANTAR MAGANG DARI ITS KE PERUSAHAAN



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**  
**DIREKTORAT KEMAHASISWAAN**  
 Kampus ITS Sukolilo - Surabaya 60111  
 Telp : 031-5994251-54 (hunting), Fax : 031-5928767, PABX : 1125  
<http://www.its.ac.id>

Nomor : B/17752/IT2.L3.1/TU.00.09/2020 2 Maret 2020  
 Lampiran : -  
 Perihal : Informasi Peserta PMMB PT. Barata Indonesia (Persero)

Kepada Yth : Direktur SDM  
 PT. Barata Indonesia (Persero)  
 Gresik

Menindaklanjuti hasil Matchup Forum Human Capital Indonesia dan permintaan tambahan peserta Program Magang Mahasiswa Bersertifikat (PMMB) Batch 1 Tahun 2020 PT. Barata Indonesia (Persero) berikut kami kirimkan data mahasiswa yang telah melalui proses seleksi sebagai berikut :

No.	Nama	NIM	Departemen
1	Umi Qoni'atul Rohmah	03111640000013	Teknik Sipil
2	Fitria Indaryani	03211640000078	Teknik Lingkungan
3	Widi Abdul Kodir Danu Kusuma	10211710013047	Teknik Mesin Industri
4	Salma Nurhidayah	02511640000035	Teknik Material dan Metalurgi

Mohon untuk dapat dibimbing selama proses magang. Semoga program magang ini dapat bermanfaat bagi kedua belah pihak.

Demikian, atas perhatian dan kerjasama yang baik kami sampaikan terima kasih.



Kasubdit. Pengembangan Kewirausahaan

Arief Abdurrahman, S.T., M.T.  
 NIP. 19870712 201404 1 002

## SURAT PEMBERHENTIAN MAGANG UNTUK SEMENTARA

*barata indonesia*

Nomor : 22 20 108  
Lampiran : -  
Perihal : Pemberitahuan pemberhentian  
kegiatan prakerin, kerja praktek &  
penelitian

Gresik, 02 April 2020

Kepada Yth.

- Rektor, Dekan / Dosen
- Kepala SMKN/SMK dan
- Yang membidangi peserta prakerin, kerja praktek, & penelitian industri di PT Barata Indonesia (Persero)

Di tempat

Dengan hormat,

Berdasarkan protokol internal PT Barata Indonesia (Persero) terkait kebijakan antisipasi dampak COVID 19, dengan ini PT Barata Indonesia (Persero) memutuskan :

1. **Menghentikan** seluruh kegiatan praktek kerja industri (prakerin), kerja praktek (KP), magang dan penelitian selama 2 (dua) bulan ke depan mulai tanggal **06 April s/d 08 Juni 2020**, atau **menunggu instruksi resmi dari perusahaan dan pemerintah**.
2. Adapun **peserta baru** praktek kerja industri (prakerin), kerja praktek (KP), magang dan penelitian, yang terjadwal bulan April dan Mei 2020, tidak berlaku mundur atau tidak ada pengganti jadwal baru.
3. Tidak menerima *apply* prakerin, kerja praktek, magang dan penelitian mulai tanggal **06 April s/d 08 Juni 2020**, atau **menunggu instruksi resmi dari perusahaan dan pemerintah**.

Demikian kami ucapkan terima kasih.

PT BARATA INDONESIA (Persero)  
Biro Human Capital



**SLAMET WIDODO**  
General Manager

Tembusan :

- Satuan organisasi terkait
- Pembimbing lapangan
- Arsip

## SURAT TINDAK LANJUT KEGIATAN MAGANG DI PT.BARATA INDONESIA

*barata indonesia*

Nomor : 22 20 151  
Lampiran : -  
Perihal : Pembahasan Tindak Lanjut  
PMMB akibat dampak Covid-19

Gresik, 12 Mei 2020

Kepada Yth :

1. REKTOR UNIVERSITAS;
2. DIREKTUR POLITEKNIK;
3. PIC PMMB BATCH 1 Th 2020

Di TEMPAT

Dengan hormat,

Menindaklanjuti Surat Edaran Forum Human Capital Indonesia (FHCI), No 0018/PRO.00.02/FHCI01/III/2020 tanggal 17 Maret 2020 tentang upaya Tindak Lanjut Pencegahan Penularan Virus Covid-1 dan Surat Edaran Forum Human Capital Indonesia (FHCI), No 0020/PRO.00.02/FHCI03/IV/2020 tanggal 14 April 2020 tentang Tindak Lanjut Pelaksanaan PMMB Batch 1 Tahun 2020 dengan ini kami mengundang bapak/ibu PIC PMMB Batch 1 2020 di PT Barata Indonesia (Persero), dengan ini disampaikan hal-hal sebagai berikut :

1. Kami mengucapkan terima kasih atas kerjasamanya selama ini dan sudah menjalankan komitmen PMMB dengan kick off mulai tanggal 2 Maret 2020.

2. Adapun informasi mengenai kelanjutan dari Program Magang Mahasiswa Bersertifikat akan disampaikan sebagai berikut :

- a) Kegiatan diskusi dilaksanakan secara online menggunakan aplikasi Zoom Meeting dengan ID (akan di konfirmasi)
- b) Jadwal kegiatan yaitu : Hari Jum'at tanggal 15-05-2020, pukul 09.30 – 10.30 Wib
- c) Password akan dibagikan satu jam sebelum kegiatan dimulai melalui group whatsapp.

Demikian atas perhatian dan kerjasamanya disampaikan terima kasih.

BIRO HUMAN CAPITAL



**SLAMET WIDODO**  
General Manager

**TEMBUSAN :**

- Direktur Keuangan & SDM PT Barata Indonesia (Persero)
- Direktur Eksekutif Forum Human Capital Indonesia

**PT BARATA INDONESIA (Persero)**

Jl. Veteran 241 Gresik 61123, East Java - Indonesia  
Tel. +62 31 3990555, Fax. +62 31 3990666, info@barata.id, www@barata.id

## DOKUMENTASI KEGIATAN SELAMA MAGANG

